

# 48 SYMPOSIUM DE CUNICULTURA CORDOBA

23 y 24 de Abril 2024

  
**Europa**  
*invierte en las zonas rurales*



Asociación  
Española de  
Cunicultura



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



FACULTAD DE  
VETERINARIA  
UNIVERSIDAD DE CORDOBA



UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Junta de Andalucía  
Consejería de Agricultura,  
Pesca, Agua y Desarrollo Rural



LIBRO DE ACTAS

# 48 SYMPOSIUM DE CUNICULTURA DE ASESCU

Córdoba, 23 y 24 de abril 2024

## COORDINADORES:

Juan José Pascual  
Ceferino Torres  
Mariam Pascual  
Pedro González  
Anna Oliveres

## ORGANIZAN:



## PATROCINAN:



**El 48 Symposium de Cunicultura de ASESCU se celebró en el Rectorado de la Universidad de Córdoba los días 23 y 24 de abril de 2024.**

**El simposio fue organizado por:**

Asociación Española de Cunicultura (ASESCU)  
Facultad de Veterinaria y Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba

**Contó con el patrocinio de las siguientes empresas y organizaciones:**

Laboratorios Hipra  
Intercun  
Gómez y Crespo  
Nanta  
Vetia Animal Health  
Hermi  
PH Albio  
Huvesearch  
Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural – FEADER

**Contó con la colaboración de las siguientes empresas:**

Inserbo  
Andrés Pinaluba  
Cogal  
Coren  
De Heus  
Elanco  
Ebronatura  
Henar Comunicación

**Comité organizador:**

Juan José Pascual  
Ceferino Torres  
Mariam Pascual  
Pedro González  
Vicente Rodríguez  
Anna Oliveres  
Cipriano Díaz  
Carolina Reyes  
Pablo Rodríguez  
Santos Sanz Fernández  
Juan Antonio Jaén

**Comité Científico**

Juan José Pascual  
Ceferino Torres  
Mariam Pascual  
Pedro González  
Enrique Blas  
Miriam Piles  
María Cambra  
Joan Rosell  
Rubén García  
Vicente Rodríguez

**Los coordinadores de este libro de actas fueron:**

Juan José Pascual  
Ceferino Torres  
Mariam Pascual  
Pedro González  
Anna Oliveres  
Beatriz Fernández  
Sandra Fernández

**Edita:** Editorial Agrícola Española, S.A.  
C/ Caballero de Gracia, 24 3º Izda.  
28013 Madrid

**Edición, diseño y maquetación:** Grupo Editorial Agrícola S.A.

**ISBN:** 978-84-17884-33-8  
**Depósito Legal:** M-8891-2024

# Presentación del Presidente de ASESCU

Estimados socios de ASESCU y asistentes al *Symposium*,

Este año, somos afortunados al poder celebrar nuestra 48 edición del *Symposium de Cunicultura* de ASESCU en el rectorado de la Universidad de Córdoba, antigua sede de la Facultad de Veterinaria. Ya hacía bastantes años desde que celebráramos el último *Symposium* en nuestra querida Andalucía, y qué mejor sitio que Córdoba para volver a acercarnos a ella. Además de disfrutar de *Symposium*, Córdoba es una ciudad preciosa, acogedora e histórica, centro de la multiculturalidad española. Habiendo sido fundada por los romanos, fue el centro líder mundial de la educación durante la dominación musulmana y base del Renacimiento europeo durante la Edad Media. Por eso, os animo a disfrutar de la monumentalidad de Córdoba, de sus callejuelas, innumerables tabernas y mesones, que nos permitirá disfrutar también en los momentos de relajación del *Symposium*.

Esta edición está coorganizada con la Facultad de Veterinaria y el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba, una Facultad histórica, creada en 1847 como Escuela Subalterna de Veterinaria, siendo una de las facultades de veterinaria con mayor prestigio de nuestro país, y cuna de muchos de los técnicos e investigadores que nos facilitan el día a día en el sector.

Hemos empezado este nuevo año 2024 con el sector primario movilizado, incluido el sector cunícola. Esta movilización se debe principalmente al hartazgo por parte del mundo rural hacia las instituciones y ciudadanos europeos, que se une a la situación actual de precios de la energía y las materias primas. Nuestros ganaderos se encuentran entrampados en una madeja de normas y costes, que hunde su competitividad y rentabilidad, que lleva al desánimo y en ocasiones al abandono de la actividad. Sin embargo, mientras seguimos exigiendo legítimamente un cambio global a este respecto, no debemos quitar el ojo del objetivo y seguir trabajando para mejorar la competitividad de nuestras explotaciones.

Por todo ello, el *Symposium* de este año se centra de nuevo en todos estos desafíos que nos preocupan y debemos afrontar. Para ello, hemos invitado a expertos ponentes que nos informará sobre la cunicultura en Andalucía, y la historia de la cunicultura al aire libre en Italia, esta última por nuestro querido e incombustible profesor Alessandro Finzi. Además, este año dispondremos de dos ponencias científicas invitadas. La primera de ellas nos actualizará el estado del conocimiento sobre los sistemas de alojamiento de conejos sin jaulas, sistemas que se encuentran detrás de algunas iniciativas ciudadanas y en los planes a largo plazo de las instituciones. En la segunda nos hablará sobre cómo el material genético animal puede ayudarnos a mejorar el estado sanitario en nuestras explotaciones. Por otro lado, celebraremos un par de mesas redondas sobre aspectos que nos preocupan en el día a día. La primera de ellas versará sobre los principales retos en el sector cunícola, donde distintos expertos coordinados desde la interprofesional INTERCUN nos llevarán a debatir sobre los principales temas que preocupan al sector hoy en día. La segunda de ellas la centraremos en otro problema que nos preocupa mucho a todo el sector, como son las novedades en la legislación veterinaria, considerando las peculiaridades del sector cunícola. Así, este evento es crucial para congregarse a productores, investigadores y empresas relacionadas con el sector cunícola, y así afrontar exitosamente cada uno de estos desafíos.

Además de estas ponencias invitadas también tendremos, a lo largo de *Symposium*, sesiones de comunicaciones libres donde se presentarán los avances en investigaciones realizadas por diferentes grupos en las disciplinas científicas más relevantes para el sector, como son la nutrición, la genética, la reproducción, el bienestar, y la patología. Los mejores trabajos, llevados a cabo por los más jóvenes, podrán acceder a la sexta edición del "Premio para jóvenes investigadores ASESCU-Andrés Pinaluba", financiado por los Andrés Pinaluba, S.A., que se entregará durante la cena de gala.

No quisiera despedirme sin antes mostrar todo mi agradecimiento a las empresas que apoyan la organización del *Symposium* y sin cuyo patrocinio sería difícil la celebración de este evento.

Atentamente,

**Juan José Pascual Amorós**  
Presidente de ASESCU



# PROGRAMA

## PROGRAMA DEL 48 SYMPOSIUM DE CUNICULTURA

Córdoba, 23 y 24 de abril de 2024

MARTES 23 DE ABRIL

MAÑANA

- 8:00-9:30 Registro y recogida de la documentación.
- 9:30-10:00 Inauguración.
- 10:00 **PONENCIA: La cunicultura en Andalucía.** Juan Antonio Jaén Téllez. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía.  
**Modera:** *Enrique Blas.*
- 10:30 **Comunicaciones libres: NUTRICIÓN.**  
**Modera:** *Enrique Blas.*
- Crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad de canal de conejos en crecimiento alimentados con dietas conteniendo dos productos derivados de la producción de linaza suplementados con dos niveles de vitamina E.** *Savietto D, Bannelier C, Despeyroux M, Guillevic M, Colin M, Palacios C, Gidenne T.*
- Efecto de la inclusión en el pienso de *Saccharina latissima*, *Ulva lactuca* y su extracto sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento.** *Al-Soufi S, Cegarra E, Buján M, Sevilla L, Muiños A, López-Alonso M, Nicodemus N, García J.*
- La hoja de plátano deshidratada en la dieta del conejo mejora la calidad y la estabilidad oxidativa de la carne refrigerada hasta 72 horas.** *Miranda VMMC, Silva EMTT, Leite SM, Vargas MD, Ribeiro LB, Castilha LD.*
- Influencia del tipo de ácido orgánico y vía de administración sobre el rendimiento productivo y la salud de conejos post-destete.** *Ramón-Moragues A, Franch J, Martínez-Paredes E, Peixoto-Gonçalves C, Ródenas L, López MC, Marín-García PJ, Blas E, Pascual JJ, Cambra-López M.*
- Potencial antimicrobiano *in vitro* de compuestos bioactivos sobre cepas bacterianas enteropatógenas del conejo.** *Ramón-Moragues A, Pascual JJ, Cambra-López M, Sanz-Tejero C, Sánchez-Salom L, Pérez-Esteve E.*
- 11:45 Pausa café.
- 12:15 **PONENCIA: Historia de la cunicultura al aire libre en Italia.** Alessandro Finzi. Teaching and Research Center for Rabbit Welfare and Production.  
**Modera:** *Pedro González.*
- 12:35 **Comunicaciones libres: GENÉTICA Y REPRODUCCIÓN.**  
**Modera:** *Miriam Piles.*
- Efecto de la administración del flavonoide quercetina en la tasa de ovulación, consumo de alimento y composición corporal en conejas jóvenes y adultas.** *Jordán-Rodríguez D, Vicente-Carrillo A, Cáceres-Martín E, Gómez-León A, Rebollar P, Lorenzo PL, García-García RM, Arias-Álvarez M.*

**Efecto de la profundidad de inserción de la cánula de inseminación en la fertilidad y prolificidad de conejas no lactantes sin el uso de análogos GnRH.** *Castillo JJ, Viudes-de-Castro MP, Marco-Jiménez F, Vicente JS.*

**Estudio longitudinal del cambio de la microbiota intestinal con la edad y su relación con la longevidad.** *Biada I, Santacreu MA, Blasco A, Pena RN, Ibáñez-Escriche N.*

**Estimas preliminares de la respuesta a la selección por eficiencia alimentaria en tres líneas de conejo de carne.** *Sanchez JP, Pascual M, Orengo J, López-Bejar M, Piles M.*

**Creación de una línea seleccionada por eficiencia alimentaria. 2. Consumo residual, peso metabólico y energía de mantenimiento.** *Blasco A, Hernández P, Argente MJ, García ML, Martínez Álvaro M.*

14:00 Comida de trabajo.

#### TARDE

16:00 **PONENCIA: Alojamiento de conejos sin jaulas.** *Angela Trocino. Universidad de Padua.*

**Modera:** *María Cambra.*

16:30 **Comunicaciones libres: ALOJAMIENTOS Y BIENESTAR.**

**Modera:** *María Cambra.*

**Impacto productivo y sanitario del alojamiento en parques grupales de conejas reproductoras.** *Pascual M, Sánchez JP, Piles M.*

**Los riesgos del alojamiento conjunto de hembras gestantes en corrales enriquecidos.** *Marco-Jiménez F, García-Valero L, Perez-Baena I, Lorenzo-Rebenaque L, Viudes-de-Castro MP, Vicente JS.*

**Una variante del sistema italiano de celda enterrada para integrar la cunicultura en plantaciones frutales.** *Meini F, González-Redondo P, Finzi A.*

**Comportamiento de hembras Nueva Zelanda Blanco durante la fase de lactancia y desempeño de los gazapos en Brazil.** *Leite SM, Stevanato GG, Gasque JPN, Oliva N, Almeida MR, Vargas MD, Ribeiro LB, Castilha LD.*

**Respuesta al estrés agudo con y sin estrés térmico mediante termografía de infrarrojos en el globo ocular.** *Serrano-Jara D, Agea I, Argente MJ, García ML.*

17:45 Pausa café.

18:15 **Mesa Redonda. Principales retos en el sector cunícola.** *Beatriz Messía y Mari Luz de Santos. INTERCUN. Modera Juan José Pascual.*

21:00 Cena de gala.

#### MIÉRCOLES 24 DE ABRIL

#### MAÑANA

09:00 **Asamblea de ASESCU**

10:00 **PONENCIA: Material animal y resistencia a enfermedades.** *María de la Luz García. Universidad Miguel Hernández.*

**Modera:** *Joan Rosell.*

10:30 **Comunicaciones libres: PATOLOGÍA.**

**Modera:** *Joan Rosell.*

**Ponencia: YURVAC® RHD, la nueva vacuna que combina innovación y protección.** *Sandra Gascón (HIPRA).*

**Evaluación de la eficacia de YURVAC® RHD frente a diferentes cepas de la enfermedad hemorrágica del conejo.** Perozo E, Fontseca M, Acal L, Nadal G, Gascon-Torrens S, March R, Sitjà M.

**Evaluación de la seguridad de YURVAC® RHD en gazapos, hembras gestantes y lactantes.** Perozo E, Fontseca M, Acal L, Gascon-Torrens S, March R, Sitjà M.

**Fundación De Nuevas Líneas Paternales: Estudio Del Sistema Inmunitario.** Peixoto-Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Moreno-Grúa E, Martínez-Seijas C, Viana D, Arnau-Bonachera A, Ródenas L, Cambra López M, Blas E, Pascual JJ, Corpa JM.

**11:30 Pausa café.**

**12:00 Comunicaciones libres: PATOLOGÍA.**

**Moderador:** Joan Rosell.

**Estado actual de Staphylococcus aureus: Distribución de clones, perfiles antimicrobianos y virulencia.** Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM.

**Perspectiva genómica: Pangenoma y Filogenia de Staphylococcus aureus en conejos.** Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Mascarós P, Arnau A, Selva L, Corpa JM, Viana D.

**Explorando el mobiloma de S. aureus en conejos.** Martínez-Seijas C, Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM.

**12:45 MESA REDONDA. Novedades en la legislación veterinaria, peculiaridades en el sector cunícola. Mario Malo (AVECU) y María Hernández (MAPA).**

**Moderador:** Rubén García (AVECU).

**13:45 Clausura del Symposium**

#### SESIÓN DE POSTERS:

**Relación entre el peso al nacimiento del gazapo y su supervivencia en los primeros días de edad.** Hadjad I, Pérez Abellaneda JF, García ML, Argente MJ.

**Estimación de los parámetros genéticos del peso del conejo en el periodo de predestete.** Belabbas R, Ezzeroug R, Garcia ML, Feknous N, Taalaziza D, Argente MJ.

**Receptividad de estudiantes universitarios al consumo de carne de conejo. Resultados preliminares.** Tibério ML, Monteiro D, Pereira EL, Pinheiro V.

**Efecto de la edad y método de cocción sobre el rendimiento comestible de la carne de conejo.** Pinheiro V, Monteiro D, Teixeira J, Pereira EL, Santos-Silva T, Gonçalves C.



# ÍNDICE

<b>Presentación del Presidente de ADESCU</b> .....	5
<b>Programa del Symposium</b> .....	7
<b>PONENCIAS</b>	
<b>La cunicultura en Andalucía</b>	
Juan Antonio Jaén Téllez .....	16
<b>Historia de la cunicultura al aire libre en Italia</b>	
Alessandro Finzi .....	25
<b>Alojamiento de conejos sin jaulas: luces y sombras</b>	
Angela Trocino, Gerolamo Xiccato .....	34
<b>Principales retos en el sector cunícola</b>	
Beatriz Messía .....	42
<b>Material animal y resistencia a enfermedades</b>	
Mariluz García, María José Argente .....	44
<b>Novedades en la legislación veterinaria, peculiaridades en el sector cunícola</b>	
Mario Malo .....	50
<b>Sesión de NUTRICIÓN</b>	
<b>Crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad de canal de conejos en crecimiento alimentados con dietas conteniendo dos productos derivados de la producción de linaza suplementados con dos niveles de vitamina E</b>	
Savietto D, Bannelier C, Despeyroux M, Guillevic M, Colin M, Palacios C, Gidenne T .....	54

**Efecto de la inclusión en el pienso de *Saccharina latissima*, *Ulva lactuca* y su extracto sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento**

Al-Soufi S, Cegarra E, Buján M, Sevilla L, Muiños A, López-Alonso M, Nicodemus N, García J ..... 59

**La hoja de plátano deshidratada en la dieta del conejo mejora la calidad y la estabilidad oxidativa de la carne refrigerada hasta 72 horas**

Miranda VMMC, Silva EMTT, Leite SM, Vargas MD, Ribeiro LB, Castilha LD ..... 64

**Influencia del tipo de ácido orgánico y vía de administración sobre el rendimiento productivo y la salud de conejos post-destete**

Ramón-Moragues A, Franch J, Martínez-Paredes E, Peixoto-Gonçalves C, Ródenas L, López MC, Marín-García PJ, Blas E, Pascual JJ, Cambra-López M ..... 69

**Potencial antimicrobiano *in vitro* de compuestos bioactivos sobre cepas bacterianas enteropatógenas del conejo**

Ramón-Moragues A, Pascual JJ, Cambra-López M, Sanz-Tejero C, Sánchez-Salom L, Pérez-Esteve E . 74

**Sesión de GENÉTICA**

**Relación entre el peso al nacimiento del gazapo y su supervivencia en los primeros días de edad**

Hadjad I, Pérez Abellana JF, García ML, Argente MJ ..... 80

**Estimación de los parámetros genéticos del peso del conejo en el periodo de predestete**

Belabbas R, Ezzeroug R, Garcia ML, Feknous N, Taalaziza D, Argente MJ ..... 84

**Estudio longitudinal del cambio de la microbiota intestinal con la edad y su relación con la longevidad**

Biada I, Santacreu MA, Blasco A, Pena RN, Ibáñez-Escriche N ..... 89

**Estimas preliminares de la respuesta a la selección por eficiencia alimentaria en tres líneas de conejo de carne**

Sanchez JP, Pascual M, Orengo J, López-Bejar M, Piles M ..... 93

**Creación de una línea seleccionada por eficiencia alimentaria. 2. Consumo residual, peso metabólico y energía de mantenimiento**

Blasco A, Hernández P, Argente MJ, García ML, Martínez Álvaro M ..... 98

## Sesión de REPRODUCCIÓN

### **Efecto de la administración del flavonoide quercetina en la tasa de ovulación, consumo de alimento y composición corporal en conejas jóvenes y adultas**

Jordán-Rodríguez D, Vicente-Carrillo A, Cáceres-Martín E, Gómez-León A, Rebollar P, Lorenzo PL, García-García RM, Arias-Álvarez M ..... 104

### **Efecto de la profundidad de inserción de la cánula de inseminación en la fertilidad y prolificidad de conejas no lactantes sin el uso de análogos GnRH**

Castillo JJ, Viudes-de-Castro MP, Marco-Jiménez F, Vicente JS ..... 109

## Sesión de ALOJAMIENTOS Y BIENESTAR

### **Impacto productivo y sanitario del alojamiento en parques grupales de conejas reproductoras**

Pascual M, Sánchez JP, Piles M ..... 114

### **Los riesgos del alojamiento conjunto de hembras gestantes en corrales enriquecidos**

Marco-Jiménez F, García-Valero L, Perez-Baena I, Lorenzo-Rebenaque L, Viudes-de-Castro MP, Vicente JS ..... 119

### **Una variante del sistema italiano de celda enterrada para integrar la cunicultura en plantaciones frutales**

Meini F, González-Redondo P, Finzi A ..... 123

### **Comportamiento de hembras Nueva Zelanda Blanco durante la fase de lactancia y desempeño de los gazapos en Brazil**

Leite SM, Stevanato GG, Gasque JPN, Oliva N, Almeida MR, Vargas MD, Ribeiro LB, Castilha LD .... 128

### **Respuesta al estrés agudo con y sin estrés térmico mediante termografía de infrarrojos en el globo ocular**

Serrano-Jara D, Agea I, Argente MJ, García ML ..... 133

## Sesión de PATOLOGÍA

### **Evaluación de la eficacia de YURVAC® RHD frente a diferentes cepas de la enfermedad hemorrágica del conejo**

Perozo E, Fontseca M, Acal L, Nadal G, Gascon-Torrens S, March R, Sitjà M ..... 138

### **Evaluación de la seguridad de YURVAC® RHD en gazapos, hembras gestantes y lactantes**

Perozo E, Fontseca M, Acal L, Gascon-Torrens S, March R, Sitjà M ..... 141

**Fundación de nuevas líneas paternas: estudio del sistema inmunitario**

Peixoto-Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Moreno-Grúa E, Martínez-Seijas C, Viana D,  
 Arnau-Bonachera A, Ródenas L, Cambra López M, Blas E, Pascual JJ, Corpa JM. .... 145

**Estado actual de Staphymap: Distribución de clones, perfiles antimicrobianos y virulencia**

Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM ..... 150

**Perspectiva genómica: Pangenoma y Filogenia de *Staphylococcus aureus* en conejos**

Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Mascarós P, Arnau A, Selva L, Corpa JM, Viana D ..... 155

**Explorando el mobiloma de *S. aureus* en conejos**

Martínez-Seijas C, Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM ..... 160

**Sesión de PRODUCTOS**

**Receptividad de estudiantes universitarios al consumo de carne de conejo.**

**Resultados preliminares**

Tibério ML, Monteiro D, Pereira EL, Pinheiro V ..... 166

**Efecto de la edad y método de cocción sobre el rendimiento comestible de la carne de conejo**

Pinheiro V, Monteiro D, Teixeira J, Pereira EL, Santos-Silva T, Gonçalves C ..... 171

# PONENCIAS

---

**La cunicultura en Andalucía**

Juan Antonio Jaén Téllez

**Historia de la cunicultura al aire libre en Italia**

Alessandro Finzi

**Alojamiento de conejos sin jaulas: luces y sombras**

Angela Trocino, Gerolamo Xiccato

**Principales retos en el sector cunícola**

Beatriz Messía

**Material animal y resistencia a enfermedades**

Mariluz García, María José Argente

**Novedades en la legislación veterinaria, peculiaridades en el sector cunícola**

Mario Malo

# La cunicultura en Andalucía

## *Rabbit farming in Andalucía*

**Juan Antonio Jaén Téllez**

Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía, 41071 Sevilla, España. [jantonio.jaen@juntadeandalucia.es](mailto:jantonio.jaen@juntadeandalucia.es)

### Resumen

El sector ganadero en Andalucía tiene una gran importancia, suponiendo el 15% de la Producción Final Agraria. Es la décima comunidad autónoma española en censo y explotaciones cunícolas. Hay registradas un total de treinta y cuatro explotaciones, de las que seis son de producción de carne, tres de cría de animales para suelta o repoblación, ocho de cría de animales de experimentación, quince granjas escuela, tres operadores comerciales y una didáctico-experimental. Granada y Málaga son las provincias con el mayor porcentaje de explotaciones. Hay un alto número de explotaciones registradas de autoconsumo. El censo total de animales está en torno a 23.000 animales. Se dispone de un matadero en Ugíjar (Granada), que recibe animales de la propia localidad. El principal destino de los animales de engorde es a mataderos de Murcia y Albacete. Se ha producido una gran reconversión del sector con una disminución importante del número de mataderos como de explotaciones, concentrándose el censo en granjas de mayor dimensión, donde la mayoría disponen de más de 800 plazas para conejas reproductoras. El consumo de carne es poco destacado, debido, entre otros factores, a la baja demanda del consumidor más joven. El conejo silvestre tiene una gran importancia ecológica, con una densidad media-baja debido, sobre todo, a las enfermedades víricas. Esta especie como animal de compañía está recobrando cada día más importancia, debiendo cumplir, en aplicación de la normativa sectorial autonómica, los mismos requisitos de identificación, sanitarios y de bienestar animal que los de granjas, por lo que tienen que disponer de un plan vacunal frente a mixomatosis y enfermedad hemorrágica vírica para sus dos variantes. La normativa autonómica establece como obligatorios cursos de bienestar animal de veinte horas de duración para personas que trabajen en explotaciones cunícolas. El conejo está presente en el patrimonio gastronómico andaluz.

**Palabras clave:** Conejo, ganadería, carne, animal compañía, *Oryctolagus cuniculus*.

### Abstract

The livestock sector in Andalucía is of great importance, accounting for 15% of Final Agricultural Production. It is the tenth Spanish autonomous community in terms of census and rabbit farms. A total of thirty-four farms are registered, of which six are for meat production, three for breeding animals for release or restocking, eight for breeding animals for experimentation, fifteen school farms, three commercial operators and one didactic-experimental farm. Granada and Malaga are the provinces with the highest percentage of farms. There is a high number of registered self-consumption farms. The total number of animals is around 23.000 animals. There is a slaughterhouse in Ugíjar (Granada), to which local animals are sent. The main destination of fattening animals is to slaughterhouses in Murcia and Albacete. There has been a major reconversion of the sector with a significant reduction in the number of slaughterhouses and farms, concentrating the census in larger farms, where most of them have more than 800 places for breeding rabbits. Meat consumption is low, due, among other factors, to low demand from younger consumers. The wild rabbit is of great ecological importance, with a medium-low density, mainly due to viral diseases. This species as a companion animal is regaining more and more importance every day, having to comply, in application of the regional sectorial regulations, with the same identification, health and animal welfare requirements as those of farm animals, so they have to have a vaccination plan against myxomatosis and viral haemorrhagic disease for its two variants. The regional regulation establishes as compulsory 20-hour animal welfare courses for people working in rabbit farms. Rabbit is part of Andalucía's gastronomic heritage.

**Keywords:** Rabbit, livestock, meat, pet, *Oryctolagus cuniculus*.

## La ganadería en Andalucía

El sector ganadero en Andalucía tiene gran relevancia tanto en la vertiente económica social como territorial, acaparando el 15,1% de la Producción Final Agraria, con una producción de 2.114 millones de euros.

La actividad ganadera es la principal fuente de ingresos para muchas familias y permite la fijación de población en las zonas rurales de la región. En este sentido, en Andalucía se contabilizan un total de 16.534 explotaciones cuya actividad principal contempla la práctica de la ganadería, lo que supone el 6,2% del total de las explotaciones agrarias andaluzas. Así mismo, las explotaciones ganaderas representan el 10,7% del total a nivel nacional. Se contabilizan un total de 1.714.825 Unidades Ganaderas (UGM), que representan el 9,6% de las presentes en las explotaciones ganaderas españolas.

Es la primera comunidad autónoma española en censo de ganado caprino y equino. Ocupa la segunda posición en apícola y avicultura de carne, en este último caso es la primera en pavos de engorde. Así mismo, es la cuarta región en cuanto a ovino y porcino, si bien, en el caso de esta última, asciende al segundo lugar en el ámbito del porcino extensivo. La quinta comunidad en la especie bovina, aunque en el caso concreto del ganado de lidia es la primera. Para la avicultura de puesta tiene la sexta posición y finalmente, para el caso concreto del conejo, es la décima comunidad autónoma.

## Las explotaciones cunícolas

En España se contabilizan en el año 2023 en torno a los 5 millones de conejos. Andalucía se sitúa en décimo lugar, concentrando el 0,5% del censo nacional (23.630 animales). Hay registradas un total de 34 explotaciones, de las que 18 cuentan con la clasificación zootécnica de explotaciones de producción, existiendo tres categorías, explotaciones de producción de carne, de cría de animales para suelta o repoblación y de cría de animales de experimentación. Hay registradas tres explotaciones de operadores comerciales con fines minoristas. Junto a estas categorías existen 15 granjas escuela que tienen entre sus animales a conejos. Granada y Málaga son las provincias con mayor número de explotaciones (Véase **tabla 1**).

El número de explotaciones para la producción de carne se ha mantenido estable durante los cinco últimos años con 10 explotaciones, produciéndose un descenso importante en 2023, que ha pasado a 6 explotaciones activas, al igual que ha sucedido en explotaciones de animales para suelta o repoblación, pasado de 9 activas en 2022 a 3 en el año 2023 (Véase **figura 1**).

Existe una granja didáctico-experimental en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla, con animales fenotípicamente similares a la raza autóctona Antiguo Pardo Español, para el manejo práctico por parte de los estudiantes en condiciones similares a las de las granjas comerciales.

En cuanto al censo de animales, se produjo una drástica disminución en los años 2016 y 2017, con una constante tendencia a la baja en los sucesivos años (Véase **figura 2**).

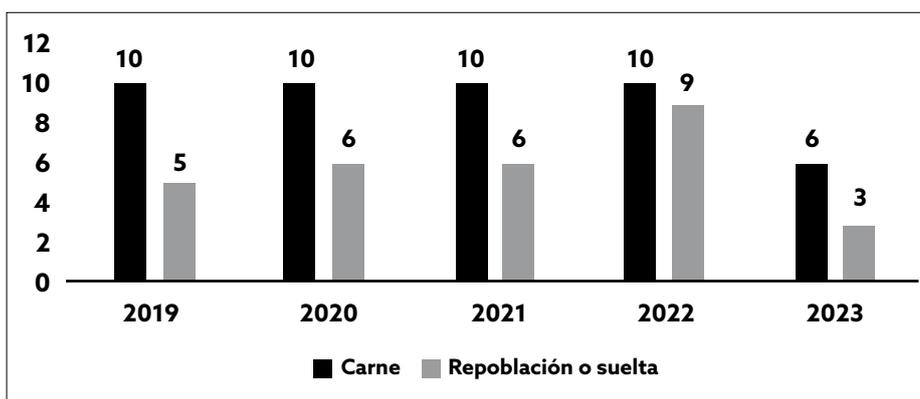
En Andalucía existe bastante arraigo en la producción de carne para autoconsumo, hay registradas 612 explotaciones de esta categoría, es decir, con un censo máximo de hembras reproductoras en producción menor o igual a cinco y que no comercializan su producción, distribuidas por toda la geografía de la comunidad autónoma, ubicándose fundamentalmente en traspatio en el ámbito rural, en explotaciones ganaderas junto a otras especies y en las zonas residenciales de la periferia de las poblaciones.

**Tabla 1.** Explotaciones cunícolas activas

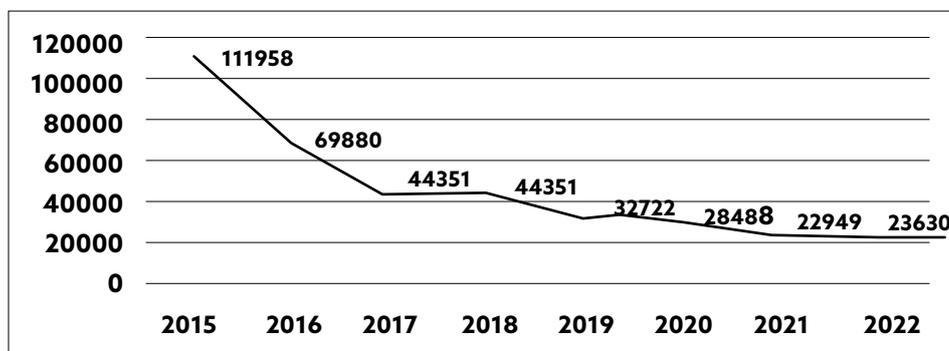
Clasificación zootécnica						
Provincia	Carne	Repoblación o suelta	Experimentación	Granjas Escuela	Operador comercial	Total
Almería				3		3
Cádiz		1	1	3		5
Córdoba				2		2
Granada	3		3	1	1	8
Huelva		1				1
Jaén	1	1	1	1	2	6
Málaga	2		2	5		7
Sevilla			1	1*		2
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>34</b>

Número de explotaciones. Fuente: SIGGAN, 2024. \*Granja didáctico-experimental Universidad Sevilla

Las explotaciones de producción de carne se encuentran en los municipios de Baza, Castril y Ugíjar (Granada), Porcuna (Jaén), Archidona y Cuevas de San Marcos (Málaga). Las explotaciones de repoblación o suelta se ubican en los municipios de San José del Valle (Cádiz), Almonte (Huelva) y Santisteban del Puerto (Jaén). Los operadores comerciales están en los municipios de Montillana (Granada), Arjonilla y Torredonjimeno, en la provincia de Jaén. En Almonte (Huelva), existe un centro de recuperación de especies de fauna silvestre que recibe conejos con el objeto de alimentar a los animales que se encuentran en dichas instalaciones.



**Figura 1.** Evolución del número de explotaciones. Fuente: SIGGAN, 2024.



**Figura 2.** Evolución del censo de conejos. Fuente: MAPA, 2024a.

Existen una serie de motivos que llevan a una menor producción de conejo en Andalucía, muchos de ellos coincidentes con lo que pasa en el resto de España, como la presencia de la enteropatía epizootica, la falta de alimentos alternativos que no posean antibióticos y el alto aumento del precio de los insumos como la energía y el pienso, que hacen que este tipo de producciones se conviertan en muchas ocasiones inviables

económicamente. Hay que añadir otro factor de influencia, desde hace varios años el precio de la piel ha disminuido considerablemente. Así mismo, se ha producido una concentración de la producción en explotaciones de gran dimensión en zonas de mayor consumo y mejor climatología para la cría de conejos que Andalucía, como son las comunidades autónomas de Castilla y León y Galicia.

## Estructura de las explotaciones

Dentro de las explotaciones pueden establecerse diferentes estratos de ocupación de madres en función de los que puede analizarse la dimensión estructural de las granjas cunícolas. En este sentido, en Andalucía el mayor número de explotaciones se corresponde con aquellas que presentan unos niveles de ocupación superiores en una escala del 0 al 5. Tres de ellas, las de la provincia de Granada, se encuentran en el estrato 5 (800 o más jaulas de conejas reproductoras), la explotación de Cuevas de San Marcos en el estrato 4 (entre 600 y 799 jaulas de conejas reproductoras), la de Archidona y la de San José del Valle en el estrato 3 (entre 400 y 599 jaulas de conejas madre) y en el estrato 2 (entre 200 y 399 jaulas de conejas reproductoras) se encuentra la explotación de Porcuna (producción de conejos para carne). La explotación de Almonte y de Santiesteban del Puerto (ambas de producción de conejos para repoblación o suelta) se encuentran en el estrato 1 (entre 20 y 199 jaulas de conejas reproductoras). No hay explotaciones activas registradas en el estrato 0 (entre 6 y 19 jaulas de conejas reproductoras). (Véase **tabla 2**).

En los últimos quince años se ha producido un profundo cambio en el número y estructura de las explotaciones cunícolas en Andalucía. El número de granjas ha disminuido considerablemente, pasando de 152 en el año 2009 a 34 en el año 2023. En el 2009 el mayor número de explotaciones estaban en los estratos 1, 2 y 3 con un 29%, 33% y 32%, respectivamente, del total de explotaciones en cada uno de ellos. El menor porcentaje, un 6% del total se encontraba en el estrato 5. Como se puede observar, se ha revertido la estructura de las explotaciones, ya que en el año 2023 el mayor porcentaje se encuentra en el estrato 5.

**Tabla 2.** Capacidad de reproductores en las explotaciones activas.

Municipio	Hembras*	Machos*	Estrato
Baza	1200	21	5
Castril	1200	32	5
Ugíjar	800	39	5
Cuevas de San Marcos	675	6	4
Archidona	475	50	3
San José del Valle	400	50	3
Porcuna	320	8	2
Almonte	85	15	1
Santiesteban del Puerto	85	15	1

\*Número de plazas. Fuente: SIGGAN, 2024.

## Agroindustria

La agroindustria está representada por un solo matadero ubicado en la Alpujarra granadina, en el municipio de Ugíjar, que se caracteriza por su pequeña dimensión. En el año 2023 se han sacrificado 3.723 conejos provenientes de una única explotación ubicada en dicho municipio, lo que supone el 2,4% de los animales sacrificados de Andalucía. En el año anterior 2022 el número de animales sacrificados en estas instalaciones fue de 4771, el 2,71% del total sacrificios de conejos de esta comunidad.

La evolución ha sido, claramente, a la baja en cuanto al número de mataderos y sacrificios. En el año 2022 existían tres mataderos localizados en las localidades de Ugíjar (Granada), Mengíbar (Jaén) y Fuente de Piedra (Málaga). Las cifras de sacrificios en estos establecimientos en dicho año ascendían a 16.671 cabezas con un

peso total de 19.128 kg, lo que representa un 0,05% del total nacional (Véase **tabla 3**). La provincia donde más se sacrificaban era Málaga con el 38,76%, seguido de Jaén con el 31,08% y Granada con el 30,14%. Los animales sacrificados en los mataderos de Granada y Jaén procedían de explotaciones de sus respectivas provincias. En el caso del matadero de Málaga recibía animales de explotaciones de las provincias de Málaga, Cádiz y Jaén. En el año 2009, existían 5 mataderos, 3 ubicados en Granada y 2 en Málaga, donde se sacrificaban el 0,33% del total nacional de conejos.

**Tabla 3.** Sacrificio de conejos en Andalucía.

Año	Andalucía		España	
	Animales	Peso canales	Animales	Peso canales
2023	3.723	*	*	*
2022	16.671	19.128	33.308.000	40.929.000
2021	23.388	26.676	38.478.000	47.521.000
2020	29.896	33.136	40.723.000	51.181.000
2019	33.862	36.607	41.006.000	52.143.000
2018	57.820	67.060	43.362.000	53.022.000
2017	69.156	77.555	46.234.000	57.258.000
2016	75.175	84.738	48.507.000	59.589.000
2015	77.213	87.359	51.800.000	63.461.000

Animales: Número de cabezas. Peso canales: Kilogramos. Fuente: MAPA, 2024a. \*Datos no disponibles

Mayoritariamente, las explotaciones de Andalucía destinan sus producciones a mataderos de otras comunidades autónomas, concretamente a dos mataderos de Castilla-La Mancha situados en los municipios de Hellín y Villamalea, de la provincia de Albacete desde Granada y Málaga y a un matadero de Caravaca de la Cruz (Murcia) desde explotaciones de Granada. En el periodo desde del año 2020 a 2023 se han enviado un total de 460.390 conejos a Castilla-La Mancha y 139.771 a Murcia (Véase **tabla 4**).

**Tabla 4.** Sacrificio de conejos en otras comunidades autónomas.

Año	Murcia	Castilla-La Mancha
2018	57.820	67.060
2017	69.156	77.555
2016	75.175	84.738
2015	77.213	87.359

Número de animales. Fuente: SIGGAN, 2024.

## El consumo de carne

Desde hace años el consumo de carne de conejo viene sufriendo una disminución bastante acusada. A nivel nacional en el año 1999 se superaba el kg de carne fresca de esta especie por persona y año (1,20 kg/persona y año), estando en el año 2022 ligeramente por encima del medio kg (0,65 kg/persona y año). En el caso de Andalucía, esta cifra es de 0,32 kg por habitante y año, siendo una de las comunidades autónomas donde el consumo es menos destacado, como ocurre en Madrid, Cantabria, Canarias, Extremadura y Principado de Asturias. Aunque no es tan acusado como en el conjunto de España, ha habido un descenso en los últimos años (Ver figura 3). El consumo mensual prácticamente es estable a lo largo del año con algún repunte puntual en algún mes (Véase **figura 4**).

Entre las causas que pueden influir en esta tendencia está que la carne de conejo es más cara que otro tipo de carnes blancas, precisamente por el mayor coste en su producción. Hay una baja demanda de productos elaborados de esta especie, por la falta de consumo en los consumidores más jóvenes, optando más la distri-

bución por productos a base de otras especies como el cerdo, pollo y el pavo. Otra de las influencias ha sido el aumento del conejo como mascota, que lleva a una percepción negativa para optar por su carne en el lineal.

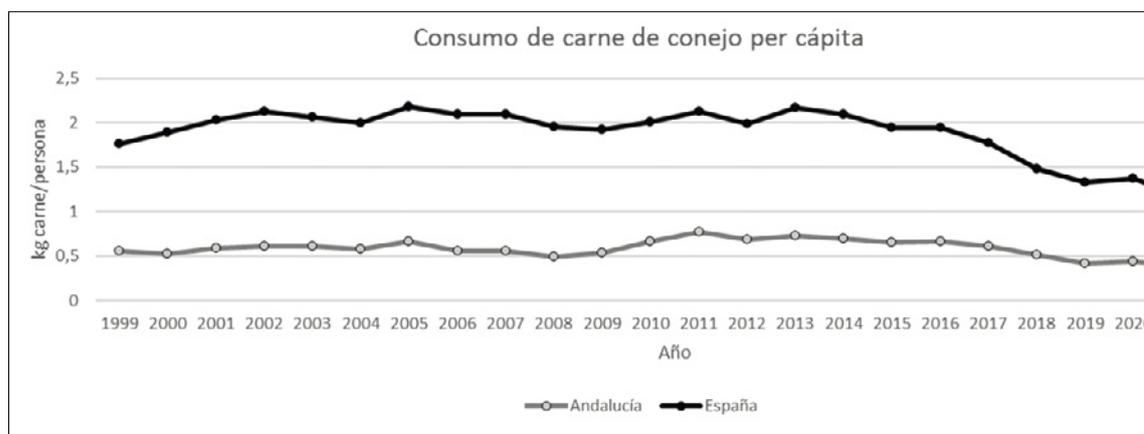


Figura 3. Consumo de carne de conejo per cápita (kg). Fuente: MAPA, 2024b.

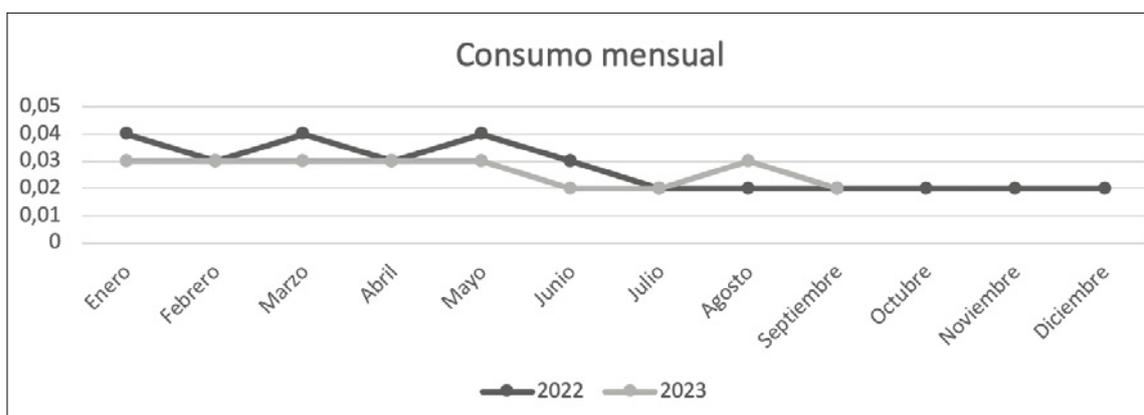


Figura 4. Consumo de carne de conejo per cápita (kg) mensual. Fuente: MAPA, 2024b.

## El conejo silvestre

El conejo silvestre europeo o conejo de monte (*Oryctolagus cuniculus*), tiene una gran importancia ecológica en los ecosistemas mediterráneos de Andalucía, emblemática en Doñana por ser alimento principal para especies como el lince o el águila imperial. Su situación, al igual que en el resto de la Península Ibérica, es estable. A pesar de importantes descensos poblacionales su capacidad de recuperación es elevada. Las densidades fluctúan en invierno y en verano, con máximos estival entre 37 y 118 conejos/km<sup>2</sup> y en invierno varían entre 7 y 15 conejos/km<sup>2</sup>. Estos datos indican una densidad media-baja para el conjunto de Andalucía, aunque existen poblaciones localmente altas que han ocasionado daños, lo que ha llevado a tomar medidas excepcionales para su control en determinadas áreas. En zonas de sierra está en declive, incluso ha desaparecido, y se concentra en las zonas de campiña, donde su densidad había sido baja hasta finales de los años 90.

Esta situación se debe principalmente a las nuevas prácticas agrícolas, abandono del medio rural, problemas sanitarios como la presencia de mixomatosis y enfermedad vírica hemorrágica en sus dos variantes y aumento de otras especies como el jabalí.

Desde el año 2019 la especie cuenta con una Estrategia para la Gestión y Recuperación del Conejo de Monte en Andalucía con el objeto de establecer una serie de acciones que fortalezcan el importantísimo papel que el conejo juega en el monte mediterráneo en aspectos sociales, económicos y ecológicos.

La Junta de Andalucía participa en el proyecto LIFE Iberconejo junto a otras entidades españolas y portuguesas, con el objetivo de establecer un sistema de gobernanza para la gestión del conejo en la Península Ibérica, para mejorar el estado de sus poblaciones, y a su vez, reducir y prevenir los daños que causa a la agricultura.

En el año 2009 se puso en marcha el Programa de Vigilancia Epidemiológica de la Fauna Silvestre con la finalidad de garantizar el óptimo estado sanitario de la fauna silvestre, centrándose en el caso del conejo en las enfermedades que se relacionan:

- 1. Mixomatosis.** La seroprevalencia de mixomatosis en conejos silvestres en Andalucía es del 69%, lo que indica una elevada y endémica circulación de este virus en las poblaciones. Se han detectado brotes en el 84,3% de las zonas vigiladas. Los brotes se producen en todas las estaciones del año, aunque la mayoría (81,4%) se concentran en verano.
- 2. Enfermedad hemorrágica vírica.** La seroprevalencia es del 43,6%. Se detectan conejos infectados por la cepa clásica del virus (RHDV1, el 31,9%) y la nueva variante (RHDV2, el 9,4%), evidenciándose una elevada y endémica circulación de ambas cepas en las poblaciones, detectándose casos compatibles con esta enfermedad en el 91,4% de las zonas de vigilancia. Desde el año 2013 se está produciendo un desplazamiento de RHDV por RHDV2. Los brotes se detectan durante todas las estaciones del año, aunque la mayoría (70,3%) se concentran en invierno y en primavera. La nueva variante RHDV2, es mortal también para los gazapos a diferencia del antiguo RHDV. Esta enfermedad modula las poblaciones al estar relacionada directamente con la densidad. En este sentido, la modificación del periodo de veda mediante el retraso de su inicio se ha notado en la recuperación de las poblaciones.
- 3. Cisticercosis.** Hay una baja prevalencia de cisticercosis, observándose la presencia de vesículas abdominales de cisticercos de *Taenia spp.* en un 1,7% de los conejos.
- 4. Parásitos digestivos.** Los resultados de la vigilancia muestran una elevada prevalencia de parasitación por protozoos de la familia Eimeriidae (clase Conoidasida) y nematodos del suborden Strongylida (clase Secernentea) en un 84,8% y 52,2%, respectivamente.

Se ha detectado que el 9,4 % de los conejos cazados en esta región son positivos a *Anaplasma bovis*. Se trata del primer informe de *Anaplasma bovis* en lagomorfos de Europa.

En cuanto a la actividad cinegética, en la última temporada se realizaron sueltas para caza por un total de 35.046 animales y se cazaron 1.017.037 conejos (Véase **tabla 5**).

**Tabla 5.** Suelas y caza.

Provincia	Suelas	Caza
Almería	0	43.715
Cádiz	13.289	177.715
Córdoba	100	98.681
Granada	7.288	184.018
Huelva	1.344	11.718
Jaén	8.834	214.501
Málaga	2.226	70.591
Sevilla	1.965	216.098
Total	35.046	1.017.037

Número de animales. Fuente: Rediam, 2023.

## El conejo como animal de compañía

El conejo está cobrando cada vez más protagonismo como animal de compañía y esta comunidad autónoma no está ajena a esta situación. No se disponen de datos con exactitud del número que pudiera existir en los hogares andaluces, dado que la identificación individual mediante microchip no es obligatoria para esta especie como mascota, aunque sí deben disponer del tatuaje de la explotación de origen. En la actualidad se encuentran identificados en el Registro Andaluz de Animales de Compañía (RAIA) 295 conejos (Véase **tabla 6**).

**Tabla 6.** Conejos registrados como animales de compañía

Provincia	Año					
	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Almería	13	13	8	9	8	8
Cádiz	42	41	36	32	30	27
Córdoba	9	6	7	6	3	3
Granada	30	27	24	23	16	14
Huelva	4	3	3	3	3	2
Jaén	10	7	5	6	6	5
Málaga	106	83	68	58	43	39
Sevilla	81	79	74	68	61	56
Total	295	259	225	205	170	154

Número de animales. Fuente: RAIA, 2024.

## Normativa sectorial

En Andalucía la normativa sobre bienestar y sanidad animal establece que los animales de compañía que no formen parte de explotaciones ganaderas deberán cumplir los mismos requisitos de identificación, sanitarios y de bienestar animal que los animales de su misma especie usados como animales de renta. En aplicación de la normativa sectorial de explotaciones cunícolas, los animales de compañía deben tener un programa de control vacunal frente a mixomatosis y enfermedad hemorrágica vírica para sus dos variantes, establecido y aplicado por un veterinario autorizado.

La normativa por la que se regula la formación en bienestar animal establece cursos obligatorios de bienestar animal con una duración de veinte horas para titulares y personas que trabajan en explotaciones de conejos, impartidos por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA).

Con el objetivo de facilitar el conocimiento de la normativa de bienestar animal que afecta a la especie cunícola y aplicarla eficazmente en las inspecciones, la Agencia de Gestión Agraria y Pesquera (AGAPA) ha convocado desde el año 2021 cuatro ediciones del curso "Bienestar animal en conejos", homologado por el Instituto Andaluz de Administración Pública (IAAP).

## Patrimonio cultural

El municipio de Parauta, en el valle del Genal, celebra de forma continuada desde el año 2008, en el segundo sábado de noviembre la "Fiesta del Conejo", declarada de Singularidad Turística Provincial por la Diputación de Málaga, que rinde tributo a la carne de conejo cocinada en platos tradicionales de esta localidad. El conejo es un producto típico que en otro tiempo constituyó una base fundamental de su gastronomía, y que en la actualidad forma parte de la dieta alimenticia de los habitantes de esta zona.

El Ayuntamiento de Paterna de Rivera (Cádiz) organiza anualmente, desde el año 2017, la "Fiesta del Conejo y de la Caza Menor". Con este evento se resalta la importancia de la caza menor en la región, dando a conocer las distintas formas de preparar platos a base de conejo, uno de los ingredientes más típicos de la gastronomía local.

En el Atlas del Patrimonio Inmaterial de Andalucía se identifican, en el ámbito temático de alimentación y sistemas culinarios, dos platos elaborados con conejo. En ambos casos se trata de guisos con borullos o gurullos, denominaciones distintas según la provincia. Por un lado, los borullos con conejo, que forma parte de la cocina tradicional de Alhambra de Mágina (Jaén) y por otro, los gurullos con conejo, que está incluido en la dieta cotidiana de las familias de la comarca de Filabres-Tabernas (Almería).

## Bibliografía

- Al-Soufi S, Sevilla L, García J, López-Alonso M, Cegarra E. 2023. El sector cunícola, a examen. *Revista Ganadería*. [https://archivo.revistaganaderia.com/antimicrobianos/cunicultura/el-sector-cunicola--a-examen\\_15345\\_163\\_19009\\_0\\_1\\_in.html](https://archivo.revistaganaderia.com/antimicrobianos/cunicultura/el-sector-cunicola--a-examen_15345_163_19009_0_1_in.html). (Consultado: 7 de diciembre de 2023).
- BOJA. 2023. Resolución de 17 de mayo de 2023, de la Dirección General de Política Forestal y Biodiversidad, por la que se adoptan medidas cinegéticas excepcionales por daños de conejos silvestres en varios términos municipales de las provincias de Córdoba, Granada, Jaén, Málaga y Sevilla. Boletín número 97 de 24 de mayo.
- Burón D. 2018. Pasado, presente y futuro del conejo en Andalucía. En: *III Jornada de Caza, Pesca y Naturaleza "El conejo de monte"*. Córdoba, España, pp. 9-29.
- Cote E. 2009. Atlas del Patrimonio Inmaterial de Andalucía. Fase 1. Zona 8. Elaboración de borullos con conejo en Albánchez de Mágina. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.
- Jaén-Téllez JA, Bartolomé-Medina E, Sánchez-Guerrero MJ. 2020. Guía de bienestar animal en conejos. Normativa de aplicación en Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible: Agencia de Gestión Agraria y Pesquera de Andalucía, Sevilla, España.
- Jaén-Téllez JA. 2020. ¿Es obligatoria la vacunación de conejos como animales de compañía en Andalucía? En: *WebiAsescu. Entorno virtual*, pp. 29-30.
- Jaén-Téllez JA. 2022. La formación en bienestar animal de conejos para operarios de explotaciones y agentes de control oficial en Andalucía. En: *II Congreso Anual Internacional de Estudiantes de Doctorado (CAIED)*. Elche, España, pp. 354.
- Jaén Téllez, J.A. 2022. Etología y bienestar animal en la especie cunícola: termografía aplicada a la valoración del estrés en conejos. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- MAPA. 2024a. El sector cunícola en cifras. Principales Indicadores Económicos. En: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadores2022\\_tcm30-627054.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadores2022_tcm30-627054.pdf). (Consultado: 12 de enero de 2024).
- MAPA. 2024b. Series de datos de consumo alimentario en hogares. En: <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/series-anuales/> (Consultado: 12 de enero de 2024).
- PVE. 2020. Programa de Vigilancia Epidemiológica del conejo silvestre (*Oryctolagus cuniculus*) Temporadas de caza: 2015/2016, 2016/2017 y 2017/2018. Instituto Andaluz de Caza y Pesca Continental. Junta de Andalucía.
- RAIA. 2024. Registro Andaluz de Animales de Compañía. En: <https://www.raia.es/> (Consultado: 8 de enero de 2024).
- Ramírez E. 2010. Atlas del Patrimonio Inmaterial de Andalucía. Fase 2. Zona 1. Elaboración de gurullos con conejo. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.
- Rediam. 2023. Estadística de registro de terrenos cinegéticos de Andalucía. En: <https://www.cma.junta-andalucia.es/medioambiente/portal/acceso-rediam/estadisticas/estadisticas-oficiales/registro-terrenos-cinegeticos-andalucia>. (Consultado: 27 de diciembre de 2023).
- Remesar S, Castro-Scholten S, Morrondo P, Díaz P, Jiménez-Martín D, Muñoz-Fernández L, Fajardo T, Cano-Terriza D, García-Bocanegra I. 2024. Occurrence of *Anaplasma* spp. in wild lagomorphs from Southern Spain: Molecular detection of new *Anaplasma bovis* lineages, *Research in Veterinary Science*, 166: 105093.
- SIGGAN. 2024. Sistema de Información y Gestión Ganadera de Andalucía. En: <https://juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaaguaydesarrollorural/areas/ganaderia/sigganet.html>. (Consultado: 9 de enero de 2024).

# Historia de la cunicultura al aire libre en Italia

*History of outdoors rabbit farming in Italy*

**Alessandro Finzi**

*Teaching and Research Centre for Rabbit Welfare and Production, 56019 Nodica (PI), Italy.  
csbpconiglio@gmail.com*

## Resumen

---

El ensayo resume la historia del Centro de Enseñanza y de Investigación para el Bienestar y la Producción del conejo, situado actualmente cerca de Pisa (Italia). Todos los modelos de cría son al aire libre. Los primeros fueron sencillas jaulas múltiples que, al evitar el contacto directo, garantizaban un perfecto estado de salud. Posteriormente se tecnificó la cría en corrales ofreciendo refugio y nidos libremente aceptados por los conejos y se desarrolló un sistema de autocaptura que hizo perfectamente manejable la cría. Para permitir una defensa natural del estrés térmico estival se ha desarrollado, finalmente, un sistema basado en una arqueta de desagüe de cemento cubierta de tierra y conectada por un tubo con una jaula externa. El sistema se ha demostrado muy simple y rentable y ha sido adoptado por muchos pequeños propietarios para integrar su renta.

**Palabras clave:** Cunicultura alternativa, jaulas al aire libre, celda enterrada, parque tecnificado.

## Abstract

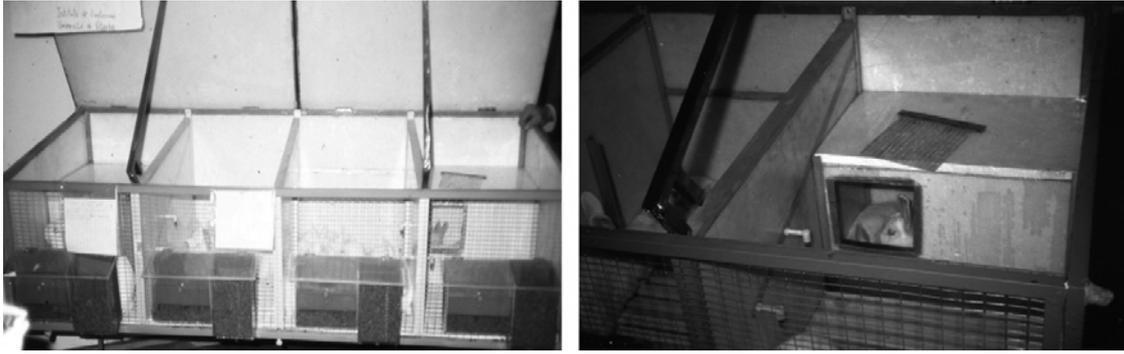
---

The essay summarizes the story of the Teaching and Research Centre for Rabbit Welfare and Production currently established near Pisa (Italy). All models of breeding facilities are always outdoors. The first ones were simple multiple self-built cages which, by preventing direct contact, allowed to obtain an excellent health condition. Later warrens were improved with shelters and nests freely chosen by the rabbits and a self-capture system was developed which allowed perfect management. To allow a natural defense against thermal stress a very efficient shelter has been layer developed consisting of a small cube of concrete or clay covered with earth and connected, via a pipe, to an external cage. This system has proven to be very simple and profitable and has been adopted by many small owners to supplement their income.

**Keywords:** Alternative rabbit keeping, outdoor cages, underground cell, technological park.

La investigación de nuestro *Centro de Enseñanza y de Investigación para el Bienestar y la Producción del Conejo* se ha dedicado mayormente, desde el principio, con otro nombre, a la cría al aire libre, considerando que, en las últimas décadas del siglo 1900, al comienzo de la cunicultura industrial en el sector cunícola, se había hecho difícil el control sanitario y se insistía mucho sobre la práctica del vacío sanitario. Al aire libre, si se evita la contaminación directa entre animales, la indirecta se hace casi imposible y el control sanitario no tiene problemas.

En la **figura 1** se ve el primer prototipo de jaula múltiple. Las conejas no tienen posibilidad de contacto pues en lugar de una red hay una pared sólida y la limpieza es fácil y perfecta. El material es aislante y protege del calor y del frío y hasta la pequeña puerta flexible (visible en la figura ya lista para la aplicación en el pasaje), que permitía el pasaje de los gazapos, pero no del frío externo, nunca fue utilizada.



**Figura 1.** Prototipo de jaula y nido para la cría al aire libre.

El primer núcleo de conejos NZW de proveniencia industrial presentaban a menudo trastornos respiratorios, pero, después de algunos meses de eliminación inmediata de cada conejo a la más mínima sospecha de no perfecta sanidad, los animales regresaron a un perfecto estado de salud que después, año tras año, se mantuvo excelente también en los prototipos sucesivos y en las unidades privadas. El manejo requiere una zona de aislamiento y un cuidadoso control; si el manejo es bueno y no ingresan animales del exterior, ni regalados, la cría al aire libre no presenta problemas sanitarios (caso aparte la coccidiosis) y el lugar de aislamiento tiene que estar siempre casi vacío.

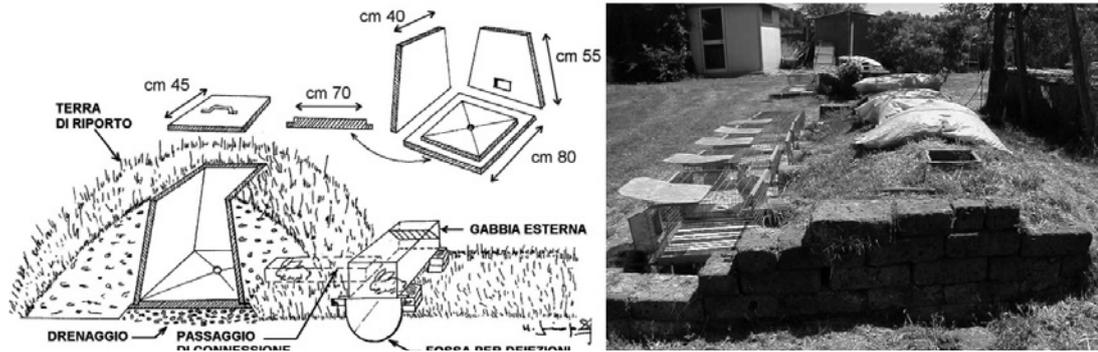
En la **figura 2** se ve una unidad productiva en Cataluña. Después de nuestra presentación del modelo de jaula en un Symposium de AsEsCu en los años noventa del siglo pasado, estas fueron producidas con intención de venderlas, pero no habiéndolo conseguido, el productor empezó a criar conejos por sí mismo y, gracias al éxito positivo, tuvo después pedidos y pudo vender jaulas para dos nuevas empresas, teniendo el comprador antes de producir las jaulas. En Italia la jaula para cría a aire libre encontró difusión por las escuelas de agricultura.



**Figura 2.** Una eficiente unidad en Cataluña.

Poco después, en 1978, hubo la oportunidad de una consulta para FAO para asesorar, en Egipto, a las familias que se habían establecido en las nuevas tierras convertidas en fértiles por el agua traída desde la presa de Asuán. La petición era de asesorar sobre la raza y el alimento, pero fue claro enseguida que el mayor factor limitante era el clima.

Esto porque el conejo tiene un sistema de termorregulación poco eficiente hacia el calor siendo su control de la temperatura no fisiológico sino comportamental y cuando hace calor el animal se ampara en su fresca madriguera bajo el suelo. Presentamos el asunto el mismo año en el Symposium de Barcelona. Por esta razón se proyectó el prototipo ilustrado en la **figura 3A**. Como se ve, se puede construir una celda cubierta de tierra hasta el borde superior y conectada con una jaula externa a través de un tubo. Habíamos resuelto el problema de la jaula protegiendo con una malla metálica el interior de unas simples jaulas de cañahueca para el transporte de los pollos y habíamos hecho las celdas de varias formas con cemento o barro cocido (**figura 3A**).



**Figura 3A.** Esquema original del prototipo. **Figura 3B.** Realización en Italia para estudiar el manejo.

Averiguada la eficiencia del prototipo se hizo una copia en la Universidad con función didáctica y para ensayar el mejor manejo (**figura 3B**). La celda y el tubo fueron construidos por nosotros con barro cocido. Esto por afirmar el principio de que no se tiene que regalar insumos, cosa que crea una perpetua dependencia, sino ver cómo producirlos con materiales y técnicas locales y poner las bases de un desarrollo autónomo.

Los resultados fueron excelentes, pero, siendo incómodo el trabajo para el control del nido, se evolucionó el sistema poniendo la celda entre dos muritos a la altura más conveniente, conforme a la estatura del operador. Una de las primeras unidades comerciales es ilustrada en la **figura 4**.



**Figura 4.** El primer prototipo de celda enterrada operativa.

Se nota la hierba alrededor de la celda para que no se caliente el suelo en verano. Bajo la jaula se ve el tubo de desagüe para lavar la celda al término de cada ciclo reproductivo seguido por el vacío sanitario que forma parte sin problemas del manejo rutinario. Las botellas son de emergencia en caso de hielo invernal.



**Figura 5.** El nido en la celda es protegido del frío.

En la **figura 5** se ve el nido bien protegido cuando hace frío y se simulan bien las condiciones naturales. La coneja es el Leprino de Viterbo, única raza seleccionada para la cría al aire libre. El cuerpo alargado y las orejas grandes favorecen la resistencia al estrés térmico estival en conjunto con la protección de la celda. Leprino quiere decir con manto parecido al de la liebre y ha sido seleccionado a demanda de los clientes que no querían el color blanco. Sin introducir conejos por razones sanitarias el Leprino tiene un nivel de consanguinidad muy alto, cosa que corresponde a su consanguinidad biológica debido al hecho de que la especie ha evolucionado en colonias aisladas. De todos modos, la eliminación de rasgos morfológicos indeseados ha sido y es muy simple porque, cruzando con los conejos que los tenían, fue muy fácil reconocer los que estaban exentos.

Un rasgo importante del sistema de cría al aire libre es que se minimiza y hasta se anula el impacto ambiental como se ve en la **figura 6**.



**Figura 6.** El sistema de cría en celdas enterradas prácticamente anula el fuerte impacto ambiental de las naves.

El sistema de celda enterrada se ha demostrado muy adaptable. En la **figura 7**, a la izquierda, se ve una unidad construida en un talud de monte muy empinado con ninguna otra posibilidad de explotación. Los dueños han hecho dos gradas muy altas y han puesto una fila de celdas por cada grada. Estando las celdas a nivel del suelo, los dueños han inventado un modo apropiado para llenar la tolva a través de un tubo, sin necesidad de inclinarse y, siendo la zona húmeda, han decidido poner la tolva en el interior de la celda (**figura 7** a la derecha).



**Figura 7.** Una unidad construida en un talud de monte.

Esta unidad es históricamente muy interesante porque fue construida a mitad de los años noventa cuando estaba empezando la cunicultura industrial con naves normalmente mucho más pequeñas que las de hoy en día. Los propietarios tenían una granja de 300 madres y pusieron 30 en el sistema alternativo. Quedaron muy satisfechos: su empresa se había ampliado en un 10% pero los ingresos totales se habían incrementado en un 12% vendiéndose más caro a quien venía a propósito para comprar los conejos criados al aire libre.

El precio de venta en granja de 5 euros/kg de peso vivo a finales del siglo XX ha subido a los actuales 8 euros y hay siempre más demanda que producción. En Italia se venden conejos de 2,5 quilos por 20 euros, pero en el norte hay una productora que ya vende a 25€/conejo. El mejor productor que se pudo controlar porque registraba los datos producía 41 conejos vendidos por hembra/año.

El modelo de celda enterrada se ha difundido también en los países en desarrollo donde el abono de los conejos, propiamente recolectado (**figura 8**, primera foto) es precioso para la horticultura casera. En la segunda foto la jaula de madera de rafia ha sido el primer prototipo con base que se puede sacar y sustituir con otra limpia como profilaxis de la coccidiosis.



**Figura 8.** Prototipos para la cooperación al desarrollo respectivamente en Vietnam, Camerún y Argentina.

El engorde tiene que ser simple, barato y funcional. En la **figura 9A** se ve el engorde del previo Centro de Viterbo; después de 30 años todavía está activo. En la **figura 9B** se ilustra la funcionalidad de un reciente modelo desplazable del actual Centro de Pisa para aislar pronto y sin problemas los gazapos en caso de epidemias. Los productores piden que se visite la granja para enseñar el bienestar de los conejos sanos y criados sin fármacos.



**Figura 9A.** Un engorde perfectamente funcional. **Figura 9B.** Un nuevo modelo desplazable.

Mientras seguía adelante el desarrollo del sistema en celda enterrada, ya desde 1978 se había empezado a investigar si fuera posible optimizar la cría en cercado. Este tiene que ser muy fuerte, pero en el interior se puede usar una red más barata de un metro y medio de altura. Normalmente los conejos no excavan para pasar de un cercado al otro, pero se aconseja enterrar una parte de la red para estar más seguros.

Los conejos pueden ser dejados libres de excavar sus madrigueras, pero esto complica mucho el manejo. Por suerte los conejos escogen y utilizan, si hay, las instalaciones artificiales. Estas son tres: la madriguera artificial o "pajar", los nidos y el sistema de autocaptura y son la base del cercado tecnificado que todavía resulta el más funcionalmente parecido a las condiciones naturales puesto que es escogido libremente por los propios conejos.

El pajar no es otra cosa que un montón de paja cubierto por un techo o protegido por un telón de plástico (**figura 10**) que los conejos escogen en seguida para excavar sus madrigueras con mucho menos trabajo. Por razones de higiene los cercados se utilizan en rotación de cuatro a seis meses y, al acabar del ciclo, se quema el pajar y se hace otro nuevo para el ciclo siguiente. No hay mejor vacío sanitario que quemarlo todo.



**Figura 10.** El pajar es el lugar escogido donde los conejos prefieren excavar su madriguera.

Al fondo del cercado ilustrado en la **figura 11** se ve un pajar protegido por un techo. Al lado y al fondo a la izquierda se ven dos nidales explorables. Con todo el trabajo hecho por el hombre y con menor peligro de predadores el cercado tecnificado es el Paraíso de los conejos.



**Figura 11.** Cría comercial en cercado tecnificado.

Para formar los nidales se han utilizado, en dimensiones reducidas, las mismas arquetas de desagüe que hemos utilizado para las celdas, pero, para que lo acepten es necesario poner un tubo de acceso como en la **figura 12** donde se han retirado las tapas para permitir ver la estructura.

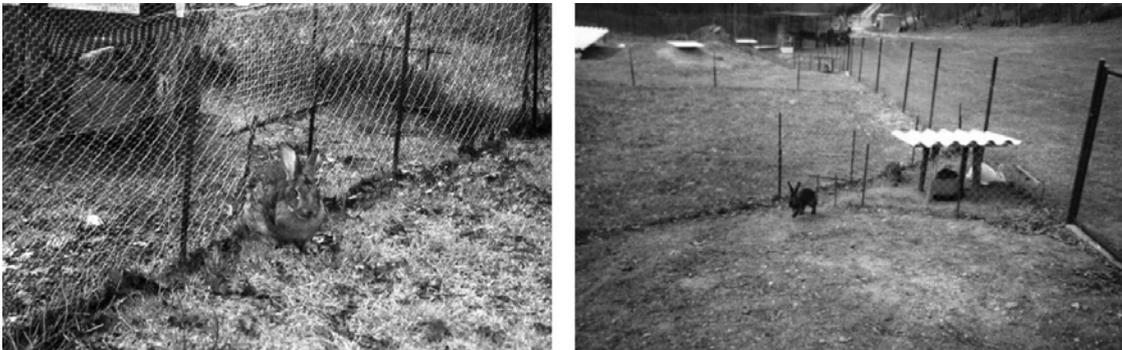


**Figura 12.** Una batería de nidales y a la derecha un caso muy común de partos múltiples.

Aunque se pongan bastantes nidales saldrá muy pronto a la observación que las conejas muy a menudo van a parir en el mismo nidal como se ve en la **figura 12** donde tres hembras han parido en el mismo lugar, aunque las conejas fueran cinco y los nidales seis. Los gazapos eran 17 coetáneos de dos madres y 8 más paridos más tarde por una tercera. Este fenómeno es conocido por los naturalistas también en otras especies, pero se hace raro si la densidad es baja con no más de tres hembras en 200 metros cuadrados. Por lo demás, reducir el número de las hembras es aconsejable porque se ha averiguado que aumentando el número de hembras el total de los gazapos producidos no cambia.

Resulta que cuanto más aumenta la densidad y la competencia social, más disminuye la fertilidad del grupo. Se supone que esto sea una adaptación evolutiva porque las colonias, en la naturaleza, tienen un territorio definido y el número de los conejos no puede crecer más de lo que permite la producción vegetal del territorio mismo.

Este es un problema que parece desconocido a los expertos que han dictado las normas para la producción ecológica y han establecido que las hembras tienen que ser criadas en colonia, mientras en la naturaleza cada cual busca donde hacer su propia madriguera apartada para parir.



**Figura 13.** El sistema de autocaptura.

El cercado es un sistema en colonia: los conejos son libres, no hay control de las cubriciones y puede pasar que haya hembras que siguen vacías, comen y no producen. Se ha inventado entonces un sistema de autocaptura. Como se ve en a **figura 13** a la izquierda, esto se crea en el cercado con un área limitada donde se pone un comedero y bebederos. El área de autocaptura está puesta generalmente de forma tal que se pueden conectar dos cercados contiguos (**figura 13** a la derecha). Cuando las fichas individuales, de las cuales vamos a tratar, informan de que ninguna de las hembras tiene nido se puede efectuar la rotación del cercado para realizar el vacío sanitario del cercado en uso. Se activa el pasaje que se ve detrás de la coneja recién salida, bajando la puertecita que se ve mejor, atada sobre el pasaje, en la figura a la izquierda, y mientras tanto se abre el pasaje del otro cercado. Las conejas que entran empujando la puerta no pueden regresar siendo esta más ancha que el pasaje, y se quedan en el nuevo parque ya listo. Todo esto facilita el manejo muy simple sin necesidad de coger las conejas.

Cada quince días por la tarde se baja la puertecita; los conejos la empujan y entran para comer, pero no pueden salir. Por la mañana del día siguiente todas las madres y los eventuales gazapos están encerrados y se cogen desde fuera muy fácilmente y sin estrés con una gruesa red (**figura 14**). Si fuese necesario las hembras se llevan al macho que normalmente se cría aparte en un modelo de celda enterrada para permitir controlar el apareamiento y anotarlo en la ficha individual. Si las hembras resultan vacías se sustituyen sin problemas pues el espacio permite la gradual inserción social de las nuevas hembras.



**Figura 14.** Una coneja del cercado es llevada al macho.



**Figura 15.** Las conejas descansando en la tarde.

Las conejas se identifican con uno de los sistemas comunes de marcas en la oreja y, después de cada captura quincenal, se pueden palpar para la diagnosis de preñez y por el desarrollo de las mamas se averigua si están en lactación. Aun siendo el sistema en colonia se entiende como cada coneja pueda tener su ficha como en un sistema industrial. Por razones prácticas no se calcula la producción individual sino los desteta-

dos de cada cercado con tres hembras. Cuando parezcan lo suficiente desarrollados se capturan también los gazapos para enviarlos al engorde.

En dos semanas seguidas el granjero tiene tan solo que hacer por lo menos una visita diaria para chequear y, en el caso, llenar los comederos que tienen que ser lo suficientemente grandes para que quepa el alimento para una semana y, si quiere, quedarse a mirar sus conejas que gozan de un excelente bienestar en condiciones de vida sin muchos peligros. Es interesante notar que todavía las conejas se ponen al amparo de un árbol o de la red para no ser sorprendidas por la espalda por los predadores ni ser agarradas por las rapaces en vuelo (**figura 15**).

En el cercado tecnificado prácticamente el trabajo se reduce al ritmo programado de un día cada quince y a cuidar las instalaciones cuando se planea la rotación del cercado. Las funciones del sistema de autocaptura que permiten transformar un modelo de cría libre en colonia en uno que permite el control y el manejo son:

1. capturar simplemente y sin estrés todos los animales;
2. poner al día las fichas individuales;
3. diagnosticar la preñez, el estado de lactación o si la hembra sigue vacía;
4. llevar las hembras al macho;
5. hacer la eliminación y la reposición de las hembras viejas o poco productivas;
6. enviar al engorde los gazapos.

El sistema funciona, pero la producción es limitada (alrededor de 20 vendidos por hembra/año) y los consumidores no pagan más por el trabajo y la menor producción. De hecho, hasta donde no hay rapaces llegan las conejas, aunque haya trampas para defenderse.

Hay que señalar que quien intentó el sistema en cercado tecnificado, aunque lo haya manejado durante algunos años, finalmente lo dejó para pasar al sistema de celda enterrada que ofrece una producción muy superior en menor espacio y los precios de venta van a ser los mismos que se pueden cobrar con la cría en parques.

La experiencia conseguida con la cría en parques, positiva desde el punto de vista técnico, aunque negativa desde el comercial, hizo brotar la idea de integrar pequeños parques al sistema en celdas enterradas cuya sustentabilidad técnica y económica había sido confirmada a lo largo de los años.

En la **figura 16** se ve el prototipo experimental. Al fondo se ve la jaula, detrás de ella está la celda y en el medio el pasaje al parque. Sensores de presión permiten un registro gráfico del tiempo que la coneja está en la celda o en la jaula. El tiempo en que no hay registro indica que la coneja está en el parque.

En el parque, limitado por un cercado de alambre de 13 m<sup>2</sup> que ha incluido un árbol, se ha acumulado tierra para favorecer el pasaje entre la celda y el parque y crear un suelo pendiente más agradecido por los conejos que, en la naturaleza, tienen ventaja en huir hacia arriba gracias a sus patas posteriores más largas de las anteriores.

En la jaula se ve la coneja, donde prefiere quedarse a lo largo de todo el ciclo circadiano, mientras los gazapos están en el parque, recién salidos de su madriguera.



**Figura 16.** Celda enterrada con parque.

El ensayo se repitió con tres conejas y siempre el resultado fue el mismo. Resultó clara la constante preferencia de las hembras por el sistema artificial puesto que pasaron en la jaula desde 18 horas de cada día antes del parto hasta 22 horas después de él, aunque en el cercado había hierba para pastar y también se le había puesto comedero y bebedero para equiparar las condiciones con la jaula.

No hay duda de que los conejos prefieren quedarse en la jaula con base de listones de plástico antes que en el cercado y suponemos que lo hagan porque se sienten mejor protegidos de aves y mamíferos predadores. Pero dos cosas hicieron en el parque: todas las conejas excavaron su madriguera en la pendiente del suelo donde tenían paja para hacer su nido lo mismo que en la jaula y amontonaron sus cagarrutas al borde del cercado, lo más lejos posible de la jaula que claramente las conejas eligen como su "casa".

Todo esto confirma la excelente funcionalidad ecológica del sistema, sea en función del bienestar, sea en función de la profilaxis de la coccidiosis, puesto que las heces se acumulan en montoncitos aislados y no hay riesgo que se ensucie el piso de la jaula. El sistema es espectacular y es aconsejable para los agroturismos, también como atracción turística. Es mejor que el cercado simple porque el manejo es más fácil y más rentable y porque la gente está muy interesada también en ver la celda enterrada utilizada por la coneja preferiblemente al parque.

Se ha entonces considerado si, en tema de bienestar, un pequeño parque pudiera ser conectado, en serie, por un tubo, desde cada jaula a cada celda como en el prototipo ilustrado en la **figura 17**.



**Figura 17.** Una celda enterrada está conectada por un tubo con un pequeño parque.

El parque ha sido aprovechado por las conejas que se han sucedido a lo largo de tres años y la variante sería económicamente sostenible aun sin aumentar el precio de venta. En la foto de izquierda se ve una de las gatas que tuvieron que estar siempre presentes en las unidades al aire libre con función protectora. A la derecha se ve la coneja escuchando los ruidos de la noche. En materia de bienestar parece difícil mejorar ulteriormente.

La línea actual de investigación se ha orientado últimamente hacia la integración de la cunicultura en frutales con celdas desplazables.

El Centro de Enseñanza y de Investigación para el Bienestar y la Producción del Conejo de Nodica (Pisa) agradece visitas y ofrece asesoramiento gratuito a quienquiera desee desarrollar algunos de los modelos aquí ilustrados. El email es: CSBPconiglio@gmail.com

# Alojamiento de conejos sin jaulas: luces y sombras

*Housing of rabbits without cages: lights and shadows*

**Angela Trocino<sup>1,2\*</sup>, Gerolamo Xiccato<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dept. Agronomy, Food, Natural Resources, Animals and Environment (DAFNAE), University of Padova - 35020 Legnaro, Padova, Italy.

<sup>2</sup>Dept. Comparative Biomedicine and Food Science (BCA), University of Padova - 35020 Legnaro, Padova, Italy.

\*angela.trocino@unipd.it

## Resumen

La Resolución del Parlamento Europeo relacionada con la iniciativa de los ciudadanos europeos End-the-Cage-Age ha iniciado un proceso de revisión de la legislación existente sobre el bienestar animal de las especies criadas en Europa, lo que también afectará razonablemente a la producción de conejos. De hecho, los sistemas de alojamiento en grupo y sin jaula se han estudiado desde 1994 en conejos en crecimiento y desde 2006 en hembras reproductoras, cuando aparecieron los primeros artículos en una revista científica (base de datos Scopus). Actualmente, se está definiendo una ruta hacia una transición en Europa, con los consumidores por un lado que piden un mayor bienestar animal, debido a diferentes motivaciones, y los agricultores que buscan estrategias económicamente viables y motivaciones internas para realizar los cambios, para una supervivencia socioeconómica satisfactoria de su producción. Mientras que fuerzas externas que impulsan el cambio probablemente resultarán en la pérdida de la producción de conejos, los investigadores están trabajando para resaltar las ventajas y desventajas de los sistemas sin jaula, buscando soluciones técnicas que puedan superar los principales desafíos para la producción y economía de la granja y la salud de los animales, por un lado, y buscando más conocimiento sobre el comportamiento y los requisitos de bienestar de los conejos en condiciones de cría, por otro lado.

**Palabras clave:** conejas reproductoras, conejos de engorde, prestaciones, salud, bienestar.

## Abstract

The Resolution of the European Parliament related to the End-the-Cage-Age initiative of the European Citizens has started a revision process of existing legislation about animal welfare of farmed species in Europe, which will also reasonably impact rabbit production. Indeed, cage-free group housing systems have been under study since 1994 in growing rabbits and since 2006 in reproducing does, when first papers appeared in a scientific journal (Scopus database). Now, a roadmap towards a transition is under definition in Europe, with consumers on one side asking for more animal welfare - because of different motivations - and farmers looking for economically viable strategies and internal motivations for performing the changes - for a satisfying socio-economic survival of their production. While external forces driving the change will likely result in the loss of rabbit production, researchers are working to highlight the advantages and disadvantages of cage-free systems, looking for technical solutions that can overcome the main challenges for farm production and animal health on one side and looking for more knowledge about the rabbit behavioural and welfare requirements under farming conditions on the other side.

**Keywords:** rabbit does, growing rabbits, production, health, welfare.

## Introducción

El consumo de carne de conejos es mucho más bajo en comparación con la carne de otras especies, y es un consumo tradicional en la región mediterránea que contribuye a la diversidad de los productos de origen animal, especialmente la carne blanca (Petracci *et al.*, 2018; Trocino *et al.*, 2019). De hecho, los mismos consumidores de carne de conejo son "tradicionales" en cuanto a edad y estilo de vida (Szendrő *et al.*, 2020; Crovato *et al.*, 2022). Sin embargo, los cambios socioeconómicos son tan rápidos que lo que es tradicional puede perderse muy rápido si no se adapta, se innova y se buscan nuevas soluciones de producción y venta (Petracci *et al.*, 2018). Por lo tanto, como en todas las producciones animales, el sector debe buscar estra-

tegias globales para enfrentar la reducción del consumo, que es aún más difícil para el conejo, considerado además un animal de compañía. En Europa, en este momento, el bienestar animal y la sostenibilidad son las dos palabras clave que la Comisión Europea, los consumidores y el mercado valoran (Crovato *et al.*, 2022; Gunnarsson y Thulin, 2023; Siddiqui *et al.*, 2023), y que deben ser tenidas en cuenta por el sector para una transición. Por otro lado, para que esta transición sea efectiva, es necesario que los actores principales y los innovadores sean los ganaderos. Desde el punto de vista económico, los datos publicados en cuanto a los cambios de sistemas de cría en apoyo de los ganaderos son escasos y parciales. Según Mondin *et al.* (2021), las granjas de conejos que han adoptado sistemas más sostenibles en términos de bienestar animal, como las jaulas enriquecidas, son económicamente viables y comparables a los sistemas convencionales y, además, logran reducir el uso de medicamentos. Por otro lado, los pocos datos disponibles muestran que los ganaderos de conejos son más propensos al cambio y a la innovación como consecuencia de motivaciones propias e internas (económicas, técnicas, facilitación del trabajo, materialización de los intereses del agricultor) más que externas (incentivos sociales, grupo familiar o entorno social) (Chiron *et al.*, 2022). Esto sugiere que en el caso del sector cunícola, debido a sus especificidades, una transición impuesta podría resultar en el fin de este pequeño sector productivo por lo menos en Europa.

En este contexto, con el objetivo de mejorar el bienestar animal, los investigadores en el sector cunícola llevan muchos años trabajando en sistemas alternativos para la cría en grupo y en sistemas sin jaulas para los conejos de engorde, y más recientemente, en sistemas para la reproducción en grupo de las conejas. La Opinión Científica de la EFSA (EFSA AHAW Panel, 2020) ya ha realizado una amplia revisión bibliográfica sobre los problemas de bienestar (consecuencias para el bienestar) de los conejos en las granjas y ha llevado a cabo una encuesta de expertos (*expert knowledge elicitation*, EKE; elicitación de conocimiento por expertos) para comparar el bienestar de los conejos (reproductores, camadas y conejos de engorde) en los principales sistemas de producción que se pueden identificar en Europa. Según los resultados de la EFSA, probablemente (con un 66-90% de seguridad según el análisis probabilístico de los datos de EKE), el bienestar de las conejas reproductoras es menor en las jaulas convencionales en comparación con los otros sistemas, mientras que no se pueden diferenciar los otros sistemas entre sí (parques, jaulas enriquecidas, parques con cama, sistemas orgánicos y sistemas con acceso al exterior). En cuanto a los conejos lactantes, probablemente/muy probablemente (66-99% de seguridad) su bienestar es menor en los sistemas con acceso al exterior y mayor en el parque, mientras que no se puede diferenciar entre las jaulas convencionales, las jaulas enriquecidas, el parque con cama y los sistemas orgánicos. Finalmente, en lo que respecta a los conejos de engorde, probablemente/muy probablemente (66-99% de seguridad) su bienestar es menor en las jaulas convencionales y mayor en el parque, mientras que no se pueden diferenciar entre las jaulas enriquecidas, el parque con cama, los sistemas orgánicos y los sistemas con acceso al exterior.

En cuanto a las consecuencias para el bienestar (*welfare consequences*), en las conejas reproductoras, la restricción de movimiento tiene el impacto más alto, ya que, junto con el impedimento para roer y el hambre prolongado, contribuye al menor bienestar en las jaulas convencionales. En el caso de los conejos lactantes, el estrés por calor tiene el impacto más alto, mientras que los desórdenes neonatales y el estrés por frío también contribuyen al menor bienestar en sistemas con acceso al exterior. Finalmente, en los conejos de engorde, la restricción de movimiento es la consecuencia para el bienestar más impactante, seguida del impedimento para roer y las dificultades para descansar en las jaulas convencionales. En este contexto, los sistemas colectivos sin jaulas representan la primera propuesta para mejorar el bienestar de los conejos, mitigando la restricción de movimiento que afecta a las jaulas tradicionales tanto para las conejas reproductoras como para los conejos de engorde. Sin embargo, la implementación de sistemas colectivos y sin jaulas conlleva otras consecuencias relacionadas con la producción, la salud y el bienestar animal que deben ser tenidas en cuenta como se discute a continuación.

## Conejos en crecimiento

En el campo, los sistemas sin jaulas para conejos en crecimiento son sistemas colectivos que alojan un grupo de conejos más grande de la camada de origen. Esto asegura una mayor superficie útil total y aborda las restricciones de movimiento que los conejos encuentran en las jaulas convencionales. Estos sistemas pueden incluir diferentes enriquecimientos (como plataformas, objetos para roer, lugares para esconderse) que fomentan el comportamiento natural de los conejos. Actualmente, estos sistemas aún no son estándar y se están desarrollando gradualmente. Se pueden identificar los parques elevados (*elevated pens*) como los descritos por EFSA, que se encuentran en algunas granjas comerciales y convencionales de algunos países europeos, como Bélgica e Italia,

o por los estándares definidos por la legislación en Alemania (Rauterberg *et al.*, 2021). Además, existen sistemas alternativos, como los parques con cama en Suiza (Hube *et al.*, 2023) y otros que proveen acceso al exterior y que se están desarrollando en Francia y otros países (Mattioli *et al.*, 2016; Fetiveau *et al.*, 2023; Plagnet *et al.*, 2023).

Por cierto, en los diferentes sistemas, hay muchos factores que tienen un papel sobre los resultados de producción y bienestar de los conejos y que están relacionados con los animales y el manejo, además del alojamiento. En este sentido, Sommerville *et al.* (2017) realizaron un metaanálisis para comprender el impacto del entorno de alojamiento en los conejos en engorde, basado en la literatura existente en ese momento (27 publicaciones revisadas por pares y conferencias), e incluyendo información sobre comportamiento, mortalidad y rendimiento, aunque sin distinguir entre sistemas con jaula y sin jaula.

En cuanto a los comportamientos, según su metaanálisis, Sommerville *et al.* (2017) encontraron que una mayor disponibilidad de espacio aumenta la locomoción y las interacciones sociales, y reduce el descanso y los comportamientos de comfort. Por otro lado, las interacciones sociales en un sistema colectivo no son solo positivas. De hecho, la Opinión de EFSA ha resumido el impacto negativo del alojamiento colectivo en la agresión entre los conejos en crecimiento y los animales lesionados en diferentes estudios (**Tabla 1**). Además EFSA ha identificado los factores de riesgo para la agresión en: el "alojamiento colectivo" (mayor tamaño del grupo), la densidad de cría (>40 kg/m<sup>2</sup>), la combinación de alojamiento colectivo con un gran tamaño de grupo y alta densidad de cría con una edad de sacrificio tardía, la edad de sacrificio tardía (>10-11 semanas) (desarrollo de madurez sexual y superficie funcional disponible reducida), la ausencia de enriquecimiento (algo para roer) y el manejo social del grupo (no eliminación de conejos mordedores). De hecho, bajo condiciones de campo, los técnicos que adoptan sistemas colectivos ya están gestionando estos factores de riesgo. Por tanto, vale la pena mencionar que las publicaciones más recientes que se refieren a sistemas colectivos no han encontrado lesiones en conejos en crecimiento. Según una búsqueda bibliográfica en Scopus utilizando varias palabras clave en combinaciones diferentes (i.e. engorde, conejos, grupo, alojamiento, carne, colectivo, bienestar, comportamiento), ninguno de los 18 artículos publicados entre 2019 y 2023, seleccionados después de eliminar duplicados y documentos fuera de alcance, ha encontrado lesiones más graves en sistemas de alojamiento alternativos en comparación con los sistemas de jaula. Por otro lado, registrando las lesiones debidas a comportamientos agresivos en conejos antes del sacrificio en condiciones comerciales de campo, aunque en pocas granjas, Trocino *et al.* (2022) han encontrado que la prevalencia de conejos lesionados era numéricamente mayor en las granjas que utilizaban el sistema de parques en comparación con las jaulas bicelulares y las jaulas dual-purpose, aunque esta diferencia no se confirmó a nivel estadístico.

**Tabla 1.** Prevalencia de conejos en crecimiento que presentan lesiones cutáneas y heridas en diferentes condiciones de alojamiento y manejo (adaptado de EFSA, 2020).

Autores	Sistema de alojamiento (superficie)	Edad (w =semanas; d = días)	Densidad de cría (conejos/m <sup>2</sup> )	Tamaño del grupo (n conejos)	Conejos con heridas (%)
Szendrő <i>et al.</i> , 2009	Jaula pequeña (0,12 m <sup>2</sup> )	9 vs. 10 vs. 11 w			3,5% vs. 6,1% vs. 10,4%
	Jaula grande (0,50 m <sup>2</sup> )		12 vs. 16		23,8% vs. 2,7%
	Recinto pequeño (0,86 m <sup>2</sup> ) Recinto grande (1,72 m <sup>2</sup> )			2 vs. 6-8 vs. 10-13 vs. 20-26	0,0% vs. 7,1% vs. 8,7% vs. 17,4%
Princz <i>et al.</i> , 2009	Jaula pequeña (0,122 m <sup>2</sup> ) Recinto sin techo (0,86 m <sup>2</sup> )	11 w	16	2 vs. 13	5,97% en jaulas vs. 12,1% recintos
Szendrő <i>et al.</i> , 2015	Jaula pequeña (0,19 m <sup>2</sup> ) Parque grande (0,95 m <sup>2</sup> )	12 w	15	3 vs. 14	0,0% en jaulas vs. 34,4% en parques
Trocino <i>et al.</i> , 2015	Parque sin techo (1,68 m <sup>2</sup> )		12 vs. 16	20 vs. 27	8,2% vs. 26,2%
		76 vs. 83 d			15,0% vs. 22,0%
Bozicovich <i>et al.</i> , 2016	Jaula (0,48 m <sup>2</sup> )	77 d		6	1,3% en grupos de hembras vs. 25,8% en grupos mixtos 58% en grupos de machos vs. 25% en grupo de hembras vs. 79% en grupos mixtos

En cuanto a la producción, según el metaanálisis de Sommerville *et al.* (2017), el crecimiento, la ingestión y la conversión alimenticia de los conejos en engorde se reducen cuando aumenta el espacio disponible y

el tamaño del grupo, así como cuando hay una cama o objetos de enriquecimiento en el sistema de alojamiento. De hecho, en condiciones de campo, Trocino *et al.* (2022) han encontrado un peso final más alto en conejos criados en jaulas polivalentes y en jaulas enriquecidas en comparación con jaulas bicelulares o parques. Probablemente, la restricción de espacio en las jaulas bicelulares era tan alta que afectó tanto la locomoción como la ingestión de alimento a las densidades de cría muy elevadas que se encontraron en las granjas (desde 33 hasta 56 kg/m<sup>2</sup>; en promedio 46,0 kg/m<sup>2</sup>). Por otro lado, la reducción del rendimiento en los parques en comparación con sistemas con jaulas no está siempre confirmada (Rauterberg *et al.*, 2019) debido a la interacción con otros factores.

Finalmente, en cuanto al estado de salud, la información sobre las relaciones entre morbilidad y mortalidad y el sistema de alojamiento o sus características no son siempre claras. Según el metanálisis de Sommerville *et al.* (2017) resulta que la mortalidad no varía significativamente con la disponibilidad de espacio. Sin embargo, la mortalidad aumenta cuando el tamaño del grupo es mayor y cuando se introducen objetos de enriquecimiento en el sistema de alojamiento. En el estudio de Trocino *et al.* (2022), se observó que la mortalidad era numéricamente más alta en las granjas con parques en comparación con las granjas con jaulas polivalentes debido a la medida de una vez en una granja. Este hallazgo resalta la importancia de considerar un número elevado de lotes para obtener resultados más robustos. Además, Trocino *et al.* (2022) han registrado una mayor prevalencia de dermatomicosis en las granjas que utilizaban sistemas de alojamiento de jaulas polivalentes y parque que en jaulas bicelulares y en jaulas enriquecidas, aunque no se encontró efecto del sistema de alojamiento en la incidencia de diarrea. De hecho, en los últimos 5 años, varios estudios han centrado su atención en el estado de salud de conejos criados en sistemas alternativos, evidenciando que las situaciones críticas son relacionadas más con la baja de higiene del sistema de alojamiento como consecuencia del tipo de pavimentación (Rauterberg *et al.*, 2019; Schörwerth *et al.*, 2019; Tillmann *et al.*, 2019; Windschnurer *et al.*, 2019) o del tipo de cama utilizada en los parques (Wolf *et al.*, 2020), que con el alojamiento per se. De hecho, la bioseguridad y el manejo de los animales y de la alimentación desempeñan un papel importante en la salud y tiene que ser controlado, aunque más en sistemas alternativos sin jaulas que en las jaulas convencionales.

## Conejas en reproducción

En todas las granjas convencionales, desde siempre, las conejas son reproducidas individualmente y con sus camadas hasta el destete en jaulas de dimensiones bastante estándar, lo que restringe, según la EFSA, muchos comportamientos y sobre todo las posibilidades de movimiento, como hemos comentado antes. Los sistemas colectivos, normalmente sin jaulas, comportan un aumento de la superficie total disponible que puede reducir esta restricción. En la literatura, se encuentran ejemplos de sistemas de reproducción en grupo durante todo el tiempo de producción o reproducción (reproducción en grupo en continuo), mientras que hay otros en los cuales las conejas son separadas en ciertos momentos (normalmente desde unos días antes del parto y por un periodo más o menos largo de la lactancia) y después reproducidas en grupos (reproducción en grupos a tiempo parcial) (Szendrő *et al.*, 2019).

De hecho, inicialmente, los sistemas de alojamiento colectivos han sido propuestos y pensados para conejas reproductoras con el objetivo de permitir que las conejas tengan contactos sociales con sus congéneres adultos de forma similar a lo que ocurre en los grupos que viven en condiciones naturales (Stauffacher, 1992). Sin embargo, en la naturaleza o en entornos semi-naturales, las condiciones en las que se forma, mantiene o cambia un grupo son completamente diferentes. La dimensión mínima del grupo es un macho, una hembra y sus crías (Gibb, 1993), pero el tamaño del grupo de conejos cambia en función de la disponibilidad de los recursos naturales y del medio ambiente (Szendrő *et al.*, 2019; Rödel, 2022). En condiciones naturales, los conejos que viven en grupo establecen una jerarquía separada por sexo (von Holst, 2001), la cual regula las relaciones, el acceso a los recursos y, en última instancia, la longevidad de los animales (González-Mariscal *et al.*, 2022). Para establecer estas jerarquías, los conejos luchan entre ellos normalmente sin provocarse heridas muy graves.

Por otro lado, en condiciones de granja, el tamaño del grupo está pre-determinado mientras que hay pocas informaciones sobre el tamaño para satisfacer las necesidades sociales de los animales y optimizar el bienestar. La composición del grupo es completamente casual y puede cambiar continuamente durante el ciclo reproductivo en función del reemplazo de los animales o de las necesidades de manejo de la granja de forma más frecuente de lo que podría pasar en condiciones naturales, lo que crea continuamente nuevas situaciones estresantes. Cuando se establecen estas jerarquías, los animales no pueden alejarse y cambiar de grupos, lo que resulta en la imposibilidad de escapar para las conejas que son agredidas. Esto puede lle-

var a una agresividad elevada y, en última instancia, a una mayor incidencia de conejas con heridas graves o incluso muertas (**Tabla 2**). Justo por la elevada frecuencia de conejas y por la falta de información específica sobre las necesidades de las conejas de estar con congéneres de la misma edad en granjas, según la EFSA, la reproducción en grupo de las conejas, aunque en sistemas part-time, no es todavía recomendable. Por otro lado, las informaciones que tenemos sobre las necesidades comportamentales de las conejas son escasas para un balance y una evaluación de los aspectos positivos y negativos de estar juntas con otras.

Un estudio muy reciente sobre el comportamiento social de las conejas reproductoras en sistemas part-time de alojamiento ha encontrado que las conejas usan estrategias de comportamiento diferentes cuando se forma el nuevo grupo, pero estas estrategias no son constantes en la misma coneja, y falta la correlación entre estrategia, personalidad y frecuencia de heridas (Van Damme *et al.*, 2023b). Además, no está claro si remover las conejas que atacan podría reducir las agresiones y el estrés en los sistemas colectivos de reproducción o menos (Van Damme *et al.*, 2023b). Por otro lado, cuanto más grande es el grupo, tanto más elevados son la agresividad entre las conejas y los efectos negativos en términos de animales heridos (4 vs. 8 hembras, Buijs *et al.*, 2016; 2 vs. 4 hembras; Zomeño *et al.*, 2017; 3 vs. 4 hembras, Van Damme *et al.*, 2023a). Por otro lado, según Rödel (2022), en condiciones naturales, el tamaño del grupo puede ser muy bajo, solo dos conejas, y hay unos ventajas en cuanto a los comportamientos sociales cuando se quedan juntos animales de la misma camada y de edad diferentes.

**Tabla 2.** Frecuencia de hembras heridas en alojamiento colectivo para hembras reproductoras con diferentes sistemas de manejo (adaptado de Szendrő *et al.*, 2019).

Autores	Características del grupo	Frecuencia
Mirabito <i>et al.</i> , 2005	4 conejas/parque	32%
Rommers <i>et al.</i> , 2006	8 conejas/parque	16,8-21,0%
Andrist <i>et al.</i> , 2013	Granjas suizas con sistemas de alojamiento diferentes (normalmente 8 conejas/grupo)	33% (9% grave)
Buijs <i>et al.</i> , 2015	4 conejas/parque con grupos formados 18 días después del parto	91,7% de las conejas en parque con suelo de plástico o 75,0% en parque con suelo de red
Buijs <i>et al.</i> 2016	4 y 8 conejas/parque formados 18 días después del parto	28,4% grado 0; 31,3% grado 1; 33,7% grado 2; 6,6% grado 3
Zomeño <i>et al.</i> , 2018	4 conejas/parque con grupos formados 2 días después del parto	34%, 47%, 13%, 13% y 10% a 3, 10, 17, 24 y 32 días después la formación del grupo
Rommers y De Greef, 2018	5 conejas/parque con grupos formados 23 días después del parto	34% a 4 días después la formación del grupo y 53% al destete
Van Damme <i>et al.</i> , 2022	4 conejas/parque con grupos formados a momentos diferentes (22, 25 y 28 días después del parto) en dos granjas comerciales y en 2-3 ciclos	93% de las conejas y 39% de los gazapos al destete
Van Damme <i>et al.</i> , 2023a	3 o 4 conejas/parque con grupos formados 22 días después del parto en 4 ciclos	61,9% de las conejas, 13 días después de la formación del grupo

De hecho, para el bienestar de las conejas y sus camadas en las granjas, la cría, tanto individual como en grupo, debe tener en cuenta el comportamiento maternal de las hembras. Este comportamiento es muy específico e involucra diferentes etapas, como la construcción del nido en tres fases, una única y rápida sesión de lactancia diaria y el destete de la camada. Está controlado por factores hormonales que regulan la construcción del nido, así como por factores no hormonales, como el tipo de alojamiento y el rango social de la hembra, que afectan el cuidado de la camada y la producción de leche (González-Mariscal *et al.*, 2022). Consecuentemente, el cambio de la reproducción individual a la reproducción en grupo tiene consecuencias en la producción de la granja. En relación con el rendimiento reproductivo, los sistemas de reproducción continua en grupo han demostrado tener consecuencias negativas, como una tasa muy alta de pseudogestación (Rommers *et al.*, 2006; Mugnai *et al.*, 2009; Andrist *et al.*, 2013), así como una tasa alta de renovación de las conejas y una vida productiva corta en comparación con los sistemas individuales. Además, la mortalidad de los gazapos es muy elevada debido a la competencia entre las conejas por los nidos, las agresiones a los gazapos y el hecho de que más conejas paren en el mismo nido (**Tabla 3**).

**Tabla 3.** Mortalidad de los gazapos en sistemas colectivos para la reproducción conejas con diferentes sistemas de manejo (adaptado de Szendrő *et al.*, 2019).

Autores	Sistema de alojamiento	Individual	Grupo
Mirabito <i>et al.</i> , 2005	4 conejas/parque	9,7%	17,7%
Rommers <i>et al.</i> , 2006	8 conejas/parque, inseminación natural	5,2-8,8%	12,8%
Rommers <i>et al.</i> , 2006	8 conejas/parque, inseminación artificial	7,4%	10,1%
Szendrő <i>et al.</i> , 2013	4 conejas y 1 macho/parque	14,0-15,2%	38,5%
Hoy y Matics, 2016	4 conejas/parque, jaulas individuales con un espacio común	-	18,1%
Van Damme <i>et al.</i> , 2022	4 conejas/parque formados a momentos diferentes (22, 25 y 28 días después del parto) en dos granjas comerciales y en 2-3 ciclos	-	Promedio 3,7% en el periodo de reproducción colectiva (22-35 d)

En sistemas en grupo a tiempo parcial, los primeros datos publicados (Maertens y Buijs, 2015) indicaban buenos resultados reproductivos, con una fertilidad del 88,9% y una mortalidad de los gazapos después de la formación del grupo del 2,1%, obtenidos en grupos formados 18 días después del parto. Otros estudios no han encontrado diferencias en el tamaño de la camada al parto, mientras que normalmente el consumo de pienso durante el período de reproducción en grupo disminuye en conejas en sistemas colectivos comparadas a jaulas individuales (Machado *et al.*, 2019). Además, en cuatro ciclos reproductivos, Machado *et al.* (2019) han registrado un mayor número de inseminaciones por gestación, así como un menor número de conejos destetados por hembra y año en sistemas colectivos a tiempo parcial en comparación con sistemas en jaulas individuales. Por otro lado, en un solo ciclo de producción, Zomeño *et al.* (2018) han registrado resultados similares en la productividad de conejas y gazapos en sistemas colectivos a tiempo parcial comparados con jaulas individuales. En más ciclos de producción, Van Damme *et al.* (2023c) no han encontrado diferencias en los resultados reproductivos entre conejas en grupos de 3 o 4 conejas reproductoras. La fertilidad promedio fue del 90,0%, con un número de gazapos de 9,1 por camada y un peso promedio de 1037 g por gazapo al destete. Según esos Autores, estos resultados se consideran similares a los obtenidos en granjas comerciales con jaulas individuales, aunque no se haya realizado una comparación directa. Finalmente, las prestaciones reproductivas de las conejas en sistemas en grupo a tiempo parcial como los de las granjas suizas (que usan grupos de 8 conejas y parques con cama) son definitivamente poco sostenibles desde un punto de vista de resultados reproductivos y económicos (40,9% de fertilidad promedio), incluso si se cambia el momento de formación del grupo (Braconnier *et al.*, 2020).

En cuanto a la salud de las conejas en los diferentes sistemas de alojamiento, a pesar de la elevada frecuencia de heridas y de la mortalidad y tasa de renovación en los sistemas colectivos, como discutido arriba, no tenemos muchas otras informaciones. En el estudio de campo de Trocino *et al.* (2022), el estado sanitario de las conejas no resultó diferente dependiendo del tipo de alojamiento (jaulas, jaulas enriquecidas, parques), que de todas formas era siempre individual en todas las granjas visitadas. Por otro lado, otro estudio (Rauterberg *et al.*, 2021) ha medido una mayor frecuencia de mastitis y diarrea en las conejas reproducidas en las jaulas más grandes debido a la pavimentación sucia.

## Conclusiones y perspectivas

El proceso de renovación de la agricultura y de la producción animal en Europa, iniciado con el Green Deal de la Comisión Europea, difícilmente se quedará sin consecuencias para el sector cunícola. El hecho más impactante para la supervivencia del sector será el cambio del sistema de alojamiento que el sector tendrá que enfrentar, ya sea por leyes nacionales o europeas, o por la ley del mercado y las posiciones de los consumidores. De otro lado, el cambio del sistema de alojamiento implicará otras mejoras del sistema de producción que son claves para la aceptación social y la viabilidad de esta producción, con respecto a la cual los consumidores podrían solicitar la mejora de otros aspectos éticos.

Basado en las informaciones obtenidas por las investigaciones hasta ese momento, la transición podría ser gradualmente realizada para los conejos en crecimiento, ya que los riesgos en sistema alternativos y sin jaulas para el bienestar, la salud y la producción ya han sido evidenciados, así como las estrategias de mitigación. Por otro lado, un cambio del sistema de alojamiento de las conejas en reproducción hacia sistemas colectivos no es en este momento sostenible debido a las consecuencias negativas sobre el bienestar de las conejas y la producción de las granjas. Nuevas líneas de investigación para mejorar el bienestar de las conejas en granjas deberían considerar la oportunidad de identificar estrategias y experiencias que puedan ser percibidas positivamente por las conejas y mejorar, en un balance completo, su calidad de vida, como ya se está investigando en otras especies y producciones animales.

## Bibliografía

- Andrist CA, van den Borne BHP, Bigler LM, Buchwalder T, Roth BA. 2013. Epidemiologic survey in Swiss group-housed breeding rabbits: Extent of lesions and potential risk factors. *Prev Vet Med* 108:218-224.
- Bozicovich TFM, Moura A, Fernandes S, Oliveira AA, Siqueira ERS. 2016. Effect of environmental enrichment and composition of the social group on the behavior, welfare, and relative brain weight of growing rabbits. *Appl Anim Behav Sci* 182:72-79.
- Braconnier M, Munari C, Gómez Y, Gebhardt-Henrich SG. 2020. Grouping of breeding rabbit does at different time points: effects on fertility, mortality and weight. *World Rabbit Sci* 28:73-80.
- Buijs S, Maertens L, Hermans K, Vangeyte J, Tuytens FAM. 2015. Behaviour, wounds, weight loss and adrenal weight of rabbit does as affected by semi-group housing. *Appl Anim Behav Sci* 172:44-51.
- Buijs S, Vangeyte J and Tuytens FA. 2016. Effects of communal rearing and group size on breeding rabbits' postgrouping behaviour and its relation to ano-genital distance. *Appl Anim Behav Sci* 182:53-60.
- Chiron P, Doré A, Fortun-Lamothe L. 2022. Factors affecting French rabbit farmers' adoption of pro-welfare innovations. *World Rabbit Sci* 30:249-265.
- Crovato S, Pinto A, Di Martino G, Mascarello G, Rizzoli V, Marcolin S, Ravarotto L. 2022. Purchasing habits, sustainability perceptions, and welfare concerns of Italian consumers regarding rabbit meat. *Foods* 11:1205.
- EFSA AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare) 2020. Scientific Opinion on the health and welfare of rabbits farmed in different production systems. *EFSA J* 18:5944.
- Fetiveau M, Savietto D, Fillon V, Bannelier C, Pujol S, Fortun-Lamothe L. 2023. Effect of outdoor grazing-area access time and enrichment on space and pasture use, behaviour, health and growth traits of weaned rabbits. *Animal* 17:100724.
- Gibb JA. 1993. Sociality time and space in a sparse population of rabbits. *J Zool Lond* 229:581-607.
- González-Mariscal G, Hoy S, Hoffman KL. 2022. Rabbit maternal behavior: a perspective from behavioral neuroendocrinology, animal production, and psychobiology. *Adv Neurobiol* 27:131-176.
- Gunnarsson S, Thulin CG. 2023. Extensive husbandry and animal welfare are important for acceptance of rabbit meat production among Swedish youth. *World Rabbit Sci* 31:263-276.
- Hoy S, Matics Zs. 2016. Alternative housing systems for rabbit does (Invited paper). *Proceedings 11th World Rabbit Congress*, pp. 637-651.
- Hube D, Bill J, Knop ES, Herbrandt S, Kemper N, Fels M. 2023. Physical injuries and hair corticosterone concentration in rabbit kits from single- and group-housed does kept on a commercial farm. *Animals* 13:196.
- Machado LC, Martínez-Paredes E, Cervera C. 2019. Performance of rabbit does housed in collective pens and individual cages. *World Rabbit Sci* 27:227-235.
- Maertens L, Buijs S. 2015. Production performances of semi-group housed rabbit does. En: *19th International Symposium on Housing and Diseases of Rabbits, Furproviding Animals and Pet Animals*. Celle, Germany, pp. 22-31.
- Mattioli S, Martino M, Ruggeri S, Roscini V, Moscati L, Dal Bosco A, Castellini C. 2016. Fattening rabbits in mobile arks: Effect of housing system on in vivo oxidative status and meat quality. *World Rabbit Sci* 24:303-311.
- Mirabito L, Galliot P, Souchet C, Dumont F, Thomeret F. 2005. Logement collectif des lapines reproductrices: Conséquences zootechniques. In: *11èmes Journées Recherche Cunicole, November 22-23, 2011. Paris, France*, pp. 53-56.
- Mondin C, Trestini S, Trocino A, Di Martino G. 2021. The economics of rabbit farming: a pilot study on the impact of different housing systems. *Animals* 11:3040.
- Mugnai C, Dal Bosco A, Castellini C. 2009. Effect of different rearing systems and pre-kindling handling on behaviour and performance of rabbit does. *Appl Anim Behav Sci* 118:91-100.
- Petracci M, Soglia F, Leroy F. 2018. Rabbit meat in need of a hat-trick: from tradition to innovation (and back). *Meat Sci* 146:93-100.
- Plagnet AS, Bannelier C, Fillon V, Savietto D. 2023. Estimation of grass biomass consumed by rabbits housed in movable paddocks. *World Rabbit Sci* 31:21-34.
- Princz Z, Zotte AD, Metzger S, Radnai I, Biro-Nemeth E, Orova Z, Szendrő Z. 2009. Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 1. Live performance and health status. *Livestock Sci*. 121:86-91.

- Rauterberg SL, Bill J, Kimm S, Kemper N, Fels M. 2019. Effect of a new housing system on skin lesions, performance and soiling of fattening rabbits: A German case study. *Animals* 9:650.
- Rauterberg SL, Bill J, Kimm S, Kemper N, Fels M. 2021. Health, performance and soiling of breeding does and their kits kept in two different housing systems on a German rabbit farm. *World Rabbit Sci* 29:169-182.
- Rödel HG. 2022. Aspects of social behavior and reproduction in the wild rabbit - Implications for rabbit breeding? *World Rabbit Sci* 30:47-59.
- Rommers JM, Boiti C, de Jong I, Brecchia G. 2006. Performance and behaviour of rabbit does in a group-housing system with natural mating or artificial insemination. *Reprod Nutr Dev* 46:677-687.
- Rommers J, de Greef KH. 2018. Are combi parks just as useful as regular parks for fatteners for part-time group housing of rabbit does? *World Rabbit Sci* 26:299-305.
- Schörwerth A, Rottler S, Lee HW, Schmidt P, Erhard MH, Bergmann S. 2019. Comparative studies on the animal health of fattening rabbits kept in pen husbandry and a dual purpose cage system under practical conditions. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* 132:532-549.
- Siddiqui SA, Gerini F, Ikram A, Saeed F, Feng X, Chen Y. 2023. Rabbit meat—Production, consumption and consumers' attitudes and behavior. *Sustainability* 15:2008.
- Sommerville R, Ruiz R, Averós X. 2017. A meta-analysis on the effects of the housing environment on the behaviour, mortality, and performance of growing rabbits. *Anim Welf* 26:223-238.
- Stauffacher M. 1992. Group housing and enrichment cages for breeding, fattening and laboratory rabbits. *Anim Welf* 1:105-125.
- Szendrő Zs, Princz Z, Romvári R, Locsmándi L, Szabó A, Bázár GY, Radnai I, Biró-Németh E, Matics Zs, Nagy I. 2009. Effect of group size and stocking density on productive, carcass, meat quality and aggression traits of growing rabbits. *World Rabbit Sci* 17:153-162.
- Szendrő Z, Miko A, Odermatt M, Gerencser Z, Radnai I, Dezsery B, Garai E, Nagy I, Ndrondro K, Matics Z. 2013. Comparison of performance and welfare of single-caged and group-housed rabbit does. *Animal* 7:463-468.
- Szendrő K, Szendrő Z, Matics Z, Zotte AD, Odermatt M, Radnai I, Gerencser Z. 2015. Effect of genotype, housing system and hay supplementation on performance and ear lesions of growing rabbits. *Livestock Sci* 174:105-112.
- Szendrő Zs, Trocino A, Hoy S, Xiccato G, Villagrà A, Maertens L. 2019. A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does. *World Rabbit Sci* 27:1-14.
- Szendrő K, Szabó-Szentgróti E, Szigeti O. 2020. Consumers' attitude to consumption of rabbit meat in eight countries depending on the production method and its purchase form. *Foods* 9:654.
- Tillmann K, Windschnurer I, Gamper J, Hinney B, Rüllicke T, Podesser BK, Troxler J, Plasenzotti R. 2019. Welfare assessment in rabbits raised for meat and laboratory purposes in enclosures with two floor types: Perforated plastic with holes versus slats? *Res Vet Sci* 122:200-209.
- Trocino A, Filiou E, Tazzoli M, Birolo M, Zuffellato A, Xiccato G. 2015. Effects of floor type, stocking density, slaughter age and gender on productive and qualitative traits of rabbits reared in collective pens. *Animal* 9:855-861.
- Trocino A, Cotozzolo E, Zomeño C, Petracci M, Xiccato G, Castellini C. 2019. Rabbit production and science: The world and Italian scenarios from 1998 to 2018. *Ital J Anim Sci* 18:1361-1371.
- Trocino A, Menegon F, Zomeño C, Pasqualin D, Cunial G, Xiccato G, Pirrone F, Bertotto D, Bortoletti M, Dorigo F, Lavazza A, Di Martino G. 2022. A pilot study about on farm assessment of health and welfare in rabbits kept in different housing systems. *Front Vet Sci* 9:936643.
- Van Damme LGW, Delezie E, Ampe B, Tuytens FAM. 2022. Timing of part-time group housing for farm rabbits: Effects on reproductive performance, skin injuries and behavior. *Appl Anim Behav Sci* 252:105656.
- Van Damme LGW, Ampe B., Delezie E, Tuytens FAM. 2023a. Effects of group size and cage enrichment on social behaviour and skin injuries of breeding rabbits housed part-time in group. *Animal* 17:100850.
- Van Damme LGW, Ampe B, Delezie E, Rommers J, Tuytens FAM. 2023b. Social behaviour and personality profiles of breeding does housed part-time in group. *Appl Anim Behav Sci* 267:106064.
- Van Damme LGW, Delezie E, Maertens L, Ampe B, Tuytens FAM. 2023c. Effect of group size and escape enrichment on reproductive performance of breeding does in part-time groups housing. *World Rabbit Sci* 31:47-55.
- Von Holst D. 2001. Living in the group: impact on behavior, fertility, health and Lebenserwartung European wild rabbits. En: *Aktuelle Arbeit zur artgemäßen Tierhaltung*. Freiburg, Germany, KTBL-Schrift 407, pp. 51-63.
- Windschnurer I, Waiblinger S, Hanslik S, Klang A, Smajlhodžic F, Löwenstein M, Niebuhr K. 2019. Effects of ground floor type on selected health-parameters and weight of rabbits reared in group pens. *Animals* 9:216.
- Wolf P, Speers R, Cappai MG. 2020. Influence of different types of bedding material on the prevalence of pododermatitis in rabbits. *Res Vet Sci* 129:1-5.
- Zomeño C, Birolo M, Zuffellato A, Xiccato G, Trocino A. 2017. Aggressiveness in group-housed rabbit does: influence of group size and pen characteristics. *Appl Anim Behav Sci* 194:79-85.
- Zomeño C, Birolo M, Gratta F, Zuffellato A, Xiccato G, Trocino A. 2018. Effects of group housing system, pen floor type, and lactation management on performance and behaviour in rabbit does. *Appl Anim Behav Sci* 203:55-63.

# Principales retos en el sector cunícola

*Main challenges in the rabbit farming sector*

**Beatriz Messía**

Organización Interprofesional para Impulsar el Sector Cunícola, INTERCUN. tecnico@intercun.org

## Resumen

El sector cunícola español afronta desafíos significativos: la producción y el censo de conejos han disminuido, mientras que las exportaciones caen y las importaciones aumentan. Internamente, el consumo ha decrecido, en parte por el alza de precios y el desconocimiento de recetas. Normativas europeas más estrictas, el cambio climático y la reducción de la fertilidad en meses cálidos también amenazan la rentabilidad y la sostenibilidad. Esta compleja situación desalienta a las nuevas generaciones a ingresar en el sector, lo que augura dificultades futuras.

**Palabras clave:** reducción de producción, declive del consumo, regulaciones estrictas, relevo generacional.

## Abstract:

The Spanish rabbit farming sector faces significant challenges: rabbit production and census have decreased, while exports decline and imports increase. Domestically, consumption has decreased, partly due to rising prices and recipe unfamiliarity. Stricter European regulations, climate change, and reduced fertility in warm months also threaten profitability and sustainability. This complex situation discourages new generations from entering the sector, forecasting future difficulties.

**Keywords:** production decline, consumption decline, strict regulations, decline in generational succession.

Los últimos años el sector cunícola español se ha enfrentado a una retracción continua de sus principales parámetros.

La producción total de carne de conejo en 2023 ha caído aproximadamente en un 8% en comparación a 2022 (datos no oficiales). El censo también ha descendido de 5,1 millones de conejos a 4,7 en el último año. El número de granjas de producción de gazapos activas en España sigue descendiendo alarmantemente, quedando menos de 1200 según los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA).

En cuanto al comercio exterior, aunque España sigue siendo un país fundamentalmente exportador de carne de conejo, las exportaciones han descendido y aumentado las importaciones, con un total de 3.894tn de canal de carne de conejo exportadas y 1.637tn importadas.

Hablando del consumo, en general, el peso de los productos frescos se reduce en los hogares españoles. Aunque la categoría de carne fresca haya cerrado el primer semestre de 2022 en positivo, esto se debe a que ha aumentado el precio medio, pero no el volumen del producto, lo que muestra que la carne de conejo tiene un decrecimiento progresivo con el primer semestre que ha sido el más bajo del último quinquenio, debido a la progresiva pérdida de compradores e intensidad de compra. Esto se traduce lamentablemente en una pérdida de 673.749 consumidores (cifra bastante significativa teniendo en cuenta la dimensión del sector) y un descenso hasta 600gr de consumo per cápita al año en hogares (750 gr en todo el conjunto), un 19% menos que el año pasado y 37% menos que en 2019. No obstante, además de que el precio de la carne de conejo está por encima de sus competidoras directas, las otras carnes blancas, los estudios demuestran que el bajo volumen de compra se debe en gran medida a factores reversibles como la comodidad y el desconocimiento de recetas.

Esta caída del consumo confluye con un panorama sociopolítico complicado que se está traduciendo en unas propuestas legislativas europeas muy estrictas, tanto en materia de bienestar animal, como en soste-

nibilidad medioambiental y uso prudente de antimicrobianos. Reducción del uso de antibióticos, renovación de los sistemas de alojamientos, cambios en el manejo y gestión de la granja son algunos de los problemas a los que los cunicultores actualmente se están enfrentando al mismo tiempo que lidian con unos márgenes de rentabilidad estrechos de sus producciones, así como la industria.

Todo esto se acompaña de los efectos del cambio climático y durante los meses de otoño-invierno la producción sufre cada vez caídas más fuertes debido a los efectos del calor del verano y a que la duración de este cada vez se prolonga un mayor número de meses. Esto afecta a las hembras reproductoras y los efectos se reflejan especialmente en los meses de otoño, cuando la fertilidad cae. Además, el calor causa el estrés de los animales, lo que afecta a la inmunidad de los animales en las granjas, haciéndolos más susceptibles a las enfermedades infecciosas.

El resultado de este conjunto de retos, dificultades e incertidumbres que el sector está enfrentando también tiene como consecuencia que en general las nuevas generaciones no vean un atractivo en iniciarse en este negocio y, por tanto, encontramos cada vez menos relevo generacional.

# Material animal y resistencia a enfermedades

*Animal material and disease resistance*

**Mariluz García\***, **María José Argente**

Instituto CIAGRO-UMH. Miguel Hernández de Elche, 03312, Orihuela, España. \*mariluz.garcia@umh.es

## Resumen

---

Con esta revisión bibliográfica se pretende resumir las diferentes aproximaciones que se han llevado a cabo para la mejora genética de la resistencia a las enfermedades digestivas, respiratorias y víricas y de la resiliencia. Para la mayoría de los caracteres estudiados las heredabilidades son bajas. Mientras que la resistencia a enfermedades ha sido incluida en algunos programas de mejora, diferentes estrategias han sido utilizadas para obtener respuestas a la selección por resiliencia como la selección divergente o la constitución de líneas con elevadas presiones de selección. Las herramientas genómicas y metagenómicas están proporcionando información valiosa sobre los mecanismos que intervienen en la resistencia a las enfermedades y en la resiliencia.

**Palabras clave:** conejo, genética, patología, resiliencia.

## Abstract

---

This review aims to summarize different approaches that have been carried out for the genetic improvement of resistance to digestive, respiratory and viral diseases and resilience. For most of the traits studied, heritabilities are low. While disease resistance has been included in some breeding programmes, different strategies have been used to obtain responses to selection for resilience such as divergent selection or the constitution of lines with high selection pressures. Genomic and metagenomic tools are providing valuable information on the mechanisms involved in disease resistance and resilience.

**Keywords:** Rabbit, genetic, pathology, resilience.

## Introducción

---

Desde mediados del siglo XX, la selección genética ha incrementado la productividad y eficiencia en los sistemas intensivos de la producción ganadera, sin la aparición de límites a la selección en la mayoría de los caracteres productivos (Hill, 2008). Esta mejora ha ido acompañada de una disminución de la robustez y resiliencia (Knap, 2009; Argente *et al.*, 2019) y podría afectar a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Por tanto, son necesarias estrategias de selección para la mejora de la resistencia a las enfermedades y la resiliencia (Knap y Doeschl-Wilson, 2020). El progreso genético para estos objetivos también puede conducir a la reducción del uso de antibióticos, la mejora del bienestar animal, la reducción de la mortalidad y, a su vez, la reducción directa e indirecta de los costes de producción (Gunia *et al.*, 2018). Sin embargo, en la práctica, la implementación de estrategias de selección para mejorar la resistencia a las enfermedades es compleja por diferentes razones: (a) diferentes enfermedades/patógenos pueden ser relevantes o estar involucrados (b) el carácter tendría que ser fácil de medir y económicamente viable de registrar para recopilar información útil para la evaluación genética, y (c) el carácter tiene que tener una componente genética.

El objetivo de este trabajo es la revisión de los estudios genéticos y programas de mejora genética de caracteres relacionados con la resistencia a enfermedades, y con la resiliencia.

## Resistencia a enfermedades

Las principales enfermedades víricas que afectan al conejo doméstico europeo son la mixomatosis y la enfermedad hemorrágica, y tienen graves consecuencias para la salud y el bienestar de los conejos. Concretamente, la mixomatosis presentó una prevalencia anual del 3,2% en el año 2018 (Rosell *et al.*, 2019).

Un programa de selección masal por resistencia a enfermedades fue desarrollado desde 1955 a 1967 en Australia (Sobey, 1969). La heredabilidad de la supervivencia a la mixomatosis después de la infección fue media-alta (0,33-0,36, **Tabla 1**). Cada generación, los animales eran infectados a las 16 semanas de edad y los animales que sobrevivían o tenían síntomas leves eran utilizados para la siguiente generación. El porcentaje de recuperación se incrementó del 50% al 80% para la línea vírica menos virulenta y del 10 al 20% para las más virulentas.

Las enfermedades respiratorias causan daños económicos debido al incremento de la mortalidad, la disminución de la fertilidad, una menor ganancia media diaria o la eficiencia alimentaria y el coste del control de la enfermedad (Cartuche *et al.*, 2014). Recientemente, Rosell *et al.* (2023) han presentado un estudio detallado de la incidencia de las enfermedades respiratorias en los últimos 25 años en las granjas cunícolas, indicando que la prevalencia anual de la rinitis clínica fue del 15,2% en 2020, siendo la *Pastereulla ssp.* y *Staphylococcus spp.* los principales agentes causales.

En el año 1998, Baselga *et al.* estimaron la heredabilidad de los daños pulmonares causados por *Pasteurella multocida* y *Bordetella bronchiseptica*, alcanzando valores entre 0,12 y 0,28 (**Tabla 1**). En los estudios de Eady *et al.* (2007) se registró la incidencia y la mortalidad por *Staphylococcus aureus* y *Pasteurella multocida* en gazapos de engorde entre las 5 y las 10 semanas. Las heredabilidades de la incidencia semanal, a las 9 y 10 semanas fueron las más altas, alrededor de 0,06 con un modelo lineal y de 0,12 con un modelo umbral, mientras que de la mortalidad no fue diferente de cero. Estos resultados condujeron a incluir los síntomas visuales de infección bacteriana como un carácter binario como objetivo de selección del programa nacional australiano de cría en 2002.

Las enfermedades digestivas son la principal causa de pérdidas en la producción industrial de conejos, siendo la más importante, por las pérdidas económicas que ocasiona por sus altas tasa de mortalidad, la enteropatía epizoótica. Garreau *et al.* (2006) estimaron los parámetros genéticos para la resistencia a enteropatía en gazapos inoculados. Las estimas de las heredabilidades fueron bajas para la mortalidad y la resistencia (0,05 y 0,08) y moderadas-altas para la diarrea y el crecimiento anormal (0,21 y 0,38, **Tabla 1**). La heredabilidad de la resistencia a trastornos digestivos se estimó en una línea paterna tratándolo como un carácter binario, supervivencia o no del gazapo a los 63 días de vida. Además, las correlaciones genéticas con el peso a los 63 días y el rendimiento a la canal fueron negativas (-0,19 y -0,34) y cercana a cero con el porcentaje de grasa perrirenal (-0,07). Este carácter ha sido incluido en el programa de mejora de las líneas paternas AGP39 y AGP59 (Garreau *et al.*, 2021).

Estudios genómicos en gazapos lactantes para la resistencia a la enteropatía han identificado tres SNPs en OCU12, OCU13 y OCU16. La región QTL en OCU13 abarcaba varios genes que codifican miembros de una familia de receptores Fc de inmunoglobulina (FCER1G, FCRLA, FCRLB y FCGR2A) implicados en el sistema inmunitario innato, que podrían ser importantes genes candidatos para esta afección patógena (Bovo *et al.*, 2013).

Otro enfoque para estudiar genéticamente las enfermedades en gazapos en crecimiento consistiría en considerar todos los síndromes de enfermedad juntos en lugar de analizarlos por separado. En estos casos, se consideran caracteres de resistencia a enfermedades generales como una peor condición corporal, síndromes infecciosos inespecíficos o mortalidad infecciosa inespecífica (Gunia *et al.*, 2015; Ragab *et al.*, 2015).

Las heredabilidades estimadas en la línea Caldes fueron bajas tanto en sistemas de alimentación restringida como *ad libitum*, siendo 0,07 para mortalidad inespecífica (7% de incidencia) y 0,06 para baja condición corporal (3% de incidencia, Ragab *et al.*, 2015). Las correlaciones genéticas entre las enfermedades y la ganancia media diaria fueron moderadas y negativas.

En líneas paternas francesas, las estimas de la heredabilidad también son bajas y con un grado de incidencia similar, siendo 0,03 para síndromes digestivos (7%), 0,04 para respiratorios (4%), 0,03 y 0,04 para una

combinación de síndromes infecciones y mortalidad (12% y 5%, Gunia *et al.*, 2015). En esta población, la mayoría de las correlaciones genéticas entre enfermedades y el peso vivo no fue significativamente diferente de cero.

Recientemente, ha comenzado un experimento de selección para mejorar la resistencia a enfermedades inespecíficas. El criterio de selección es un carácter binario (0=mórbido, enfermo o muerto de enfermedades digestivas, respiratorias o de otro tipo, principalmente de origen infeccioso; 1=sano). La heredabilidad del carácter es  $0,032 \pm 0,009$ . Tras cuatro generaciones de selección, el progreso genético fue de 1,5 desviaciones genéticas estándar, lo que indica que la selección para la resistencia general a las enfermedades es factible (Gunia *et al.*, 2023).

## Resiliencia

En la actualidad, la industria está cada vez más interesada en tener no sólo animales altamente productivos, sino también animales con una mayor capacidad de adaptación tanto a los cambios de manejo o de alimentación como a la exposición a altas temperaturas o agentes patógenos. La longevidad y homogeneidad en el tamaño de camada se han propuesto como criterios de selección para mejorar directamente esta capacidad de adaptación del animal a estos desafíos ambientales. Los estudios de Rosell (2003) indican que sistemáticamente se observa un pico de mortalidad tras el primer parto y que la mitad de las conejas no llegan al tercer parto, porque mueren o son eliminadas por problemas patológicos o reproductivos (Rosell y de la Fuente, 2009). Una de las definiciones dadas para la longevidad es el número de partos que puede tener una hembra antes de ser eliminada por motivos de salud o producción. La longevidad no es un carácter fácil de seleccionar porque la heredabilidad es baja, variando entre 0,02 y 0,24 (ver revisiones de García *et al.*, 2021 y Piles *et al.*, 2021) y la selección utiliza datos censurados, difíciles de analizar.

La línea LP es una línea materna fundada aplicando una elevada presión de selección en una gran población comercial. Las hembras seleccionadas cumplían los siguientes requisitos: al menos 25 partos y 7,5 gazapos nacidos vivos (Theilgaard *et al.*, 2007). Una vez fundada se selecciona por tamaño de camada al destete y en la actualidad se encuentra en la generación 22. La línea LP comparada con la línea V presenta: una mayor vida productiva (31 días), una productividad similar desde el cuarto parto en adelante (Sánchez *et al.*, 2008), mayor tolerancia a restricciones alimenticias (Theilgaard *et al.*, 2007), mayor supervivencia cuando las hembras se someten a un desafío inmunológico (Ferrian *et al.*, 2012) y una menor prevalencia de problemas digestivos en gazapos. En la actualidad se está comparando el perfil del microbioma intestinal con la línea materna A, y los primeros resultados indicarían que podría estar relacionado con la longevidad (Biada *et al.*, 2023).

La longevidad funcional ha sido definida como la capacidad de retrasar el sacrificio involuntario y ha sido medida en un programa de selección divergente durante 11 generaciones como el número de inseminaciones artificiales después del primer parto (Larzul *et al.*, 2014). Después de una generación de selección, la diferencia entre las líneas fue de 0,75 inseminaciones (39 días), pero no hubo diferencias entre las líneas para caracteres reproductivos, excepto para el número total de gazapos al nacimiento, que fue superior en la línea de menor longevidad en la segunda generación (Garreau *et al.*, 2017). En este experimento, la línea más longeva acumuló más reservas corporales al inicio de la vida reproductiva que la línea menos longeva, a partir de entonces, mantuvo mayores reservas corporales hasta el tercer parto.

Blasco *et al.* (2017) propusieron mejorar la resiliencia en líneas maternas seleccionándolas directamente por la variabilidad residual del tamaño de camada. Como los genes y los efectos permanentes son los mismos dentro de una misma hembra, la varianza del tamaño de camada intra-coneja mide directamente la variabilidad residual del tamaño de camada. Se ha desarrollado un programa de selección divergente por este carácter después de corregir el tamaño de camada por el año estación y el estado fisiológico. La heredabilidad de la variabilidad residual del tamaño de camada es de 0,08 y presenta una correlación de 0,99 con la varianza fenotípica. La selección ha tenido éxito, mostrando la línea heterogénea una mayor variabilidad del tamaño de camada ( $4,4 \text{ gazapos}^2$ ) que la línea homogénea ( $2,7 \text{ gazapos}^2$ ). Además, se ha producido una respuesta correlacionada a la selección sobre el bienestar del animal, presentando la línea homogénea una menor respuesta al estrés y una mayor resistencia a enfermedades (Argente *et al.*, 2019; Beloumi *et al.*, 2020), junto con una mayor capacidad para movilizar reservas energéticas en momentos de alta demanda energética como el parto (García *et al.*, 2019). También esta línea presenta un mayor tamaño de camada, debido a una mayor calidad embrionaria y a un desarrollo más avanzado del embrión en las primeras etapas de la gestación (García *et al.*, 2016; Calle *et al.*, 2017). Casto-Rebollo *et al.* (2020) encontraron genes candidatos

**Tabla 1.** Heredabilidad (error standard) de caracteres de resistencia a enfermedades (adaptado de García et al., 2021). \*Modelo lineal (o resultados de modelo umbral expresado en la escala observada)

Enfermedad o síndrome	Descripción del carácter	Heredabilidad		País	Línea	Línea	Autores
		Modelo lineal <sup>1</sup>	Modelo Umbral				
Mixomatosis después de infección experimental	Supervivencia (días)	0,33 - 0,64	0,36	Australia	Domésticos	-	Sobey, 1969
	Supervivencia a mixomatosis						
Infecciones respiratorias causadas por <i>Pasteurella multocida</i> y <i>Bordetella bronchiseptica</i>	Extensión de lesiones pulmonares	0,07 (0,03) - 0,18 (0,09)		España	A, V, R, B	maternal y paternal	Baselga et al., 1988
	Puntuación media de las lesiones del lóbulo pulmonar	0,12 (0,05) - 0,28 (0,14)					
Infección bacteriana causada por <i>Pasteurella multocida</i> o <i>Staphylococcus aureus</i>	Incidencia de la infección	0,03 (0,01) - 0,04 (0,01)	0,13 (0,04) - 0,38 (0,11)	Francia	2 poblaciones comerciales	paternal	Eady et al., 2004
	Incidencia semanal de la infección	0,02 (0,02) - 0,06 (0,02)	0,06 (0,05) - 0,12 (0,05)				
	Incidencia general de la infección	0,06 (0,02)	0,05 (0,03)	Australia	Línea sintética	-	Eady et al., 2007
	Mortalidad por infección		0,02 (0,05)				
Pasteurellosis después de infección experimental	Grado de diseminación del absceso	0,11 (0,06)					
	Alcance de la diseminación bacteriana	0,09 (0,05)		Francia	INRA 1777 y 6 poblaciones comerciales	maternal	Shrestha et al., 2018
	Resistencia: combinación de las puntuaciones de supervivencia, abscesos y bacterias	0,14 (0,05)					
Enteropatía después de infección experimental	Mortalidad		0,05 (0,05)	Francia	INRA 1777	maternal	Gairreau et al., 2006
	Resistencia (vivo y crecimiento normal)		0,38 (0,21)				
	Diarrea		0,21 (0,16)				
Síndromes inespecíficos	Crecimiento anormal		0,08 (0,07)				
	Mortalidad inespecífica	0,07 (0,02) - 0,10 (0,02)	0,27 (0,06) - 0,30 (0,06)				
	Morbilidad y mortalidad por enteropatía	0,05 (0,02) - 0,06 (0,02)	0,17 (0,09)				
	Síndromes respiratorios	0,03 (0,01)	0,23 (0,05) - 0,27 (0,08)	España	Caldes	paternal	Ragab et al., 2015
	Condición corporal	0,03 (0,02) - 0,06 (0,02)	0,20 (0,06) - 0,38 (0,09)				
Enfermedades infecciosas	Trastornos digestivos	0,03 (0,00) - 0,11 (0,03)	0,08 (0,02)				
	Trastornos respiratorios	0,04 (0,00) - 0,09 (0,02)		Francia	AGP39, AGP59, AGP77	paternal y maternal	Garreau et al., 2008. Gunia et al., 2015, 2018
	Enfermedades infecciosas	0,03 (0,00) - 0,08 (0,02)					
Sano vs enfermo o muerto		0,03 (0,01)	Francia	INRA 1777	maternal	Gunia et al., 2023	

y mutaciones funcionales relacionados con el sistema inmune, respuesta al estrés y el sistema nervioso, que contribuyen a explicar las diferencias en resiliencia entre las líneas. Por otro lado, se ha encontrado un efecto favorable de la selección por homogeneidad del tamaño sobre el microbioma del ciego; concretamente el microbioma de la línea homogénea se caracterizó por una mayor abundancia de las especies *Alistipes shahii*, *Alistipes putredinis*, *Odoribacter splanchnicus*, *Limosilactobacillus fermentum* y *Sutterella* (Casto-Rebollo et al., 2023a) y una mayor concentración de los metabolitos equol, 3-(4-hidroxifenil) lactato, 5-aminovalerato, N6-acetil lisina y serina) (Casto-Rebollo et al., 2023b), cuya abundancia se ha relacionado con la estimulación del sistema inmunitario del hospedador y la mayor resistencia a enfermar de esta línea. Todos estos resultados sugieren que la selección por homogeneidad en tamaño de camada ha tenido éxito en aumentar la resiliencia del animal a través de la modulación de la inmunidad intestinal.

En conclusión, los programas de selección para mejorar la resistencia a enfermedades y la resiliencia se están desarrollando de forma exitosa. Las herramientas genómicas y metagenómicas están proporcionando información valiosa sobre los mecanismos que intervienen en la resistencia a las enfermedades y en la resiliencia.

## Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/037) y ha sido financiado por MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Generalitat Valenciana, y con el proyecto PID2021-123702OB-100 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MIC)-Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) "Una manera de hacer Europa".

## Bibliografía

- Argente MJ, García ML, Zbyňovská K, Petruška P, Capcarová M, Blasco A. 2019. Correlated response to selection for litter size environmental variability in rabbits' resilience. *Animal* 13, 2348-2355.
- Beloumi D, Blasco A, Muelas R, Santacreu MA, García ML, Argente MJ. 2020. Inflammatory correlated response in two lines of rabbit selected divergently for litter size environmental variability. *Animals*, 10(9) 1540.
- Biada I, Ibáñez-Escriche N, Blasco A, Santacreu MA. 2022. The gut microbiome profile varies among two maternal rabbit lines with different longevity. En: 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Waweningen, Países Bajos, pp. 2077 - 2080.
- Blasco A, Martínez-Alvaro M, García ML, Ibáñez-Escriche N, Argente MJ. 2017. Selection for environmental variance of litter size in rabbits. *Genet Sel Evol* 49: 48.
- Bovo S, Ribani A, Schiavo G, Taurisano V, Bertolini F, Fornasini D, Frabetti A, Fonateni L. 2023. Genome-wide association studies for diarrhoea outcomes identified genomic regions affecting resistance to a severe enteropathy in suckling rabbits. *J Anim Breed Genet* 00, 1-15.
- Calle EW, García ML, Blasco A, Argente MJ. 2017. Correlated response in early embryonic development in rabbits selected for litter size variability. *World Rabbit Sci* 25, 4, 323-327
- Cartuche L, Pascual M, Gómez EA, Blasco A. 2014. Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Scie* 22: 165-177.
- Casto-Rebollo C, Argente MJ, García ML, Pena R, Ibáñez-Escriche N. 2020. Identification of functional mutations associated with environmental variance of litter size in rabbits. *Genet Sel Evol* 52, 22.
- Casto-Rebollo C, Argente MJ, García ML, Blasco A, Ibáñez-Escriche N. 2023a. Effect of environmental variance-based resilience selection on the gut metabolome of rabbits. *Genet Sel Evol* 55, 15.
- Casto-Rebollo, C., Argente, M.J., García, M.L, Pena R, Blasco A, Ibáñez-Escriche N. 2023b. Selection for environmental variance shifted the gut microbiome composition driving animal resilience. *Microbiome* 11, 147
- García ML, Blasco A, Argente MJ. 2016. Embryologic changes in rabbit lines selected for litter size variability. *Theriogenology* 86, 1247-1250.
- García ML, Blasco A, Argente MJ. 2019. Correlated response in body condition and energy mobilisation in rabbits selected for litter size variability. *Animal* 13, 784-789.
- García ML, Gunia M, Argente MJ. 2021. Genetic factors of functional traits. *World Rabbit Sci* 29: 207-220.
- Hill WG. 2008. Estimation, effectiveness and opportunities of long-term genetic improvement in animals and maize. *Lohmann Information* 43: 3-20.
- Baselga M, Deltoro J, Camacho J, Blasco A. 1988. Genetic analysis on lung injury in four strains of meat rabbit. En: 4th World Rabbit Congress, Budapest, Hungary, Vol. 1, 120-127.

- Eady S J, Garreau H, Hurtaud J. 2004. Heritability of resistance to bacterial infection in commercial meat rabbit populations. En: 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, 51-56.
- Ferrian S, Guerrero I, Blas E, García-Diego FJ, Viana D, Pascual JJ, Corpa JM. 2012. How selection for reproduction or foundation for longevity could have affected blood lymphocyte populations of rabbits under conventional and heat stress conditions. *Vet Immunol Immunopathol* 150, 53-60.
- Garreau H, Licois D, Rupp R, Rochambeau H de. 2006. Genetic variability of the resistance to epizootic rabbit enteropathy (ERE): new results. En: Proc. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Brazil, 15-28.
- Garreau H, Eady SJ, Hurtaud J, Legarra A. 2008. Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. En: Proc. 9th World Rabbit Congress, June, Verona, Italy, Vol. 1, 103-107.
- Garreau H, Larzul C, Tudela F, Ruesche J, Ducrocq V, Fortun-Lamothe L. 2017. Energy balance and body reserves in rabbit females selected for longevity. *World Rabbit Sci* 25, 205-213.
- Garreau H, Gunia M, Lemos de Mateo A, Abrantes J, Estevés PJ. 2021. Genetics of disease resistance in the European rabbit. En: Fonatnesi L (Ed. Cabi). *The genetics and the genomics of the rabbit*. Boston, USA, pp. 163-178.
- Gunia M, David I, Hurtaud J, Maupin M, Gilbert H, Garreau H. 2015. Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. *J Anim Sci* 93, 5631-5638.
- Gunia M, David I, Hurtaud J, Maupin M, Gilbert H, Garreau H. 2018. Genetic parameters for resistance to non-specific diseases and production traits measured in challenging and selection environments; application to a rabbit case. *Front Genet* 9, 467.
- Gunia M, Ruesche J, Aymard P, Gillet E, Herbert C, Helies V, Savietto D, Robert D, Warin L, Gilbert H, Garreau H. 2013. Breeding for general disease resistance: a selection experiment in rabbits. En: 12th World Congress on Genetics Applied Livestock Production. Lyon, Francia, pp. 708-711.
- Knap PW. 2009. Robustness. En: Resource allocation theory applied to farm animal production (ed. WM Rauw), pp. 288-301. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Knap PW, Doeschl Wilson A. 2020. Why breed disease resilient livestock, and how?. *Genet Selec Evol* 52:60.
- Larzul C, Ducrocq V, Tudela F, Juin H, Garreau H. 2014. The length of productive life can be modified through selection: an experimental demonstration in the rabbit. *J Anim Sci* 92, 2395-2401.
- Piles M, Santacreu MA, Blasco A, Sánchez JP. 2021. Genetics of reproduction in the rabbit. En: Fonatnesi L (Ed. Cabi). *The genetics and the genomics of the rabbit*. Boston, USA, pp. 212-233.
- Ragab M., Ramon J, Rafel O, Quintanilla R, Piles M, Sanchez JP. 2015. Paramètres génétiques des phénotypes liés aux maladies chez le lapin en engraissement nourri avec deux régimes alimentaires différents. En: Proc. 16ème Journées de la Recherche Cunicole. Le Mans, France. 69-72.
- Rosell JM. 2003. Health status of commercial rabbitries in the Iberian peninsula. A practitioner's study. *World Rabbit Sci* 11: 157-169.
- Rosell JM, de la Fuente LF. 2009. Culling and mortality in breeding rabbits. *Prev Vet Med* 88: 120-127.
- Rosell JM, de la Fuente LF, Parra F, Dalton KP, Badiola Sáiz JI, Pérez de Rozas A, Badiola Díez JJ, Fernández de Luco D, Casal J, Majó N, Casas J, Garriga R, Fernández Magariños XM. 2019. Myxomatosis and Rabbit Haemorrhagic Disease: A 30-Year Study of the Occurrence on Commercial Farms in Spain. *Animals* 10;9(10):780.
- Rosell JM, de la Fuente LF, Badiola JI, Pérez de Rozas A, Fernández de Luco D, Arnal MC, Casal J, Fernández XM, Pinto de Carvalho A. 2023. Respiratory disorders of farmed rabbits: occurrence and risk factors. *World Rabbit Sci* 31:147-161.
- Sánchez JP, Theilgaard P, Mínguez C, Baselga M. 2008. Constitution and evolution of a long-lived productive rabbit line. *J Anim Sc.*, 86, 515-525.
- Shrestha M, Garreau H, Balmisse E, Bed'hom B, David I, Fadeau A, Guitton E, Helloin E, Lenoir G, Maupin M, Robert R, Lantier F, Gunia M. 2018. Estimation of Genetic Parameters of Pasteurellosis Resistance in Crossbred Rabbits. En: Proc. 11th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Auckland, New-Zealand.
- Sobey WR. 1969. Selection for resistance to myxomatosis in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *J Hygiene* 67:743-754.
- Theilgaard P, Sánchez JP, Pascual JJ, Berg P, Friggens NC, Baselga M. 2007. Late reproductive senescence in a rabbit line hyper selected for reproductive longevity, and its association with body reserves. *Genet Sel Evol* 39 207-223.

# Novedades en la legislación veterinaria, peculiaridades en el sector cunícola

*New legislation in veterinary field, peculiarities in the rabbit farming sector*

**Mario Malo**

*Nutega Huesca, Mesenor S. Coop. GUCO S. Coop.*

## Resumen

La normativa europea está impulsando un cambio en la forma en que se produce y se maneja la comida, promoviendo una ganadería más pequeña con menos antibióticos y una agricultura con menos fertilizantes y pesticidas. La Agenda 2030 y la Estrategia de la Granja a la Mesa son ejemplos de esto. El objetivo principal parece ser reducir o incluso eliminar el consumo de carne. La publicación de los Reglamentos 4, 5 y 6 por parte del Parlamento Europeo en 2019, seguidos de la implementación dos años después, ha desencadenado la creación de varios Reales Decretos a nivel nacional, lo que representa un cambio significativo en la industria ganadera. Estos decretos abordan aspectos como la vigilancia de los operadores, los planes sanitarios integrales, la distribución de medicamentos veterinarios y el uso sostenible de antibióticos.

**Palabras clave:** normativa europea, plan sanitario, veterinario de explotación, antibióticos.

## Abstract

European regulations are driving a change in the way food is produced and managed, promoting smaller livestock operations with fewer antibiotics and agriculture with reduced use of fertilizers and pesticides. The Agenda 2030 and the Farm to Fork Strategy exemplify this. The primary objective seems to be to reduce or even eliminate meat consumption. The publication of Regulations 4, 5, and 6 by the European Parliament in 2019, followed by implementation two years later, has sparked the creation of several National Royal Decrees, signifying a significant shift in the livestock industry. These decrees address aspects such as operator surveillance, comprehensive health plans, distribution of veterinary drugs, and sustainable use of antibiotics.

**Keywords:** European legislation, sanitary plan, livestock veterinarian, antibiotics.

A nadie se le escapa que la normativa europea va por el camino de un cambio de paradigma alimenticio, con una ganadería más pequeña y con menor uso de antibióticos y una agricultura con una decidida disminución de fertilizantes y fitosanitarios. La Agenda 2030 y la Estrategia de la Granja a la Mesa son una buena muestra de ello. Sin duda el objetivo es disminuir (o quizá eliminar) el consumo de carne y la legislación que se va generando va por esta vía.

La publicación por parte del Parlamento Europeo de los Reglamentos 4,5,6 del 2019 y su entrada en vigor dos años más tarde fue el pistoletazo de salida de varios Reales Decretos a nivel nacional y está suponiendo un cambio de reglas de juego de gran calado en la ganadería.

Los Reales Decretos a los que me estoy refiriendo son los siguientes:

- R.D. 364/2023 que regula las operaciones de vigilancia del operador, el plan sanitario integral y la figura del veterinario de explotación.
- R.D. 666/2023 que regula la distribución, prescripción y dispensación de medicamentos veterinarios.
- R.D. 992/2022 que regula el uso sostenible de antibióticos.

## R.D. 364/2023

Realmente es el que menos nos influye. Supone un incremento de burocracia y no queda bien definida la diferencia entre el veterinario de explotación y el veterinario de la ADS en las comunidades donde existe la

figura, pero no nos sentimos perjudicados respecto a otras especies. Los puntos más importantes son los siguientes:

- Establece la obligatoriedad de tener un Plan Sanitario Integral en la explotación que agrupe los aspectos estrictamente sanitarios como son los planes de vacunación y los planes de lucha contra enfermedades recurrentes y las medidas de higiene, bioseguridad, bienestar y, en su caso, de reducción de antibióticos.
- Define la figura del Veterinario de Explotación, que será designado por el ganadero y que se ocupará fundamentalmente de la elaboración y la implementación del Plan Sanitario Integral. Deberá dar a conocer a la Administración los incumplimientos reiterados.
- Regula el tipo de visitas veterinarias y la frecuencia de las mismas, dificultando una mínima conciliación familiar del veterinario y dificultando, o incluso impidiendo, el descanso de fin de semana o vacaciones.

## **R.D. 666/2023**

---

Es una ley muy relevante para nuestro sector puesto que regula aspectos polémicos puesto que dan lugar a diferentes interpretaciones. La interpretación más restrictiva es muy lesiva para nosotros. Veamos los principales puntos y porqué nos perjudican:

- El primer punto que nos afecta es la obligación de prescribir según la ficha técnica. Se trata de una interpretación restrictiva de lo recogido en el Reglamento 4,5,6 2019 que consideramos que no obliga en la misma forma. El prescribir según la ficha técnica es un despropósito puesto que muchas no están actualizadas de forma que un mismo antibiótico para la misma especie puede tener importantes diferencias de dosificación según se usen en agua o en pienso.
- Respecto a la metafilaxia (tratamiento de un lote de animales con una enfermedad diagnosticada en el que se encuentran animales enfermos y sanos en estrecho contacto) considera que se puede usar de forma limitada y siempre con diagnóstico laboratorial o habiendo cogido muestras anteriormente al tratamiento. Sin duda la única opción de tratamiento en cunicultura es por lotes, el tratamiento individualizado solo podemos usarlo en casos concretos. Además la presencia de la enteropatía mucoide de la que no tenemos etiología y con una prevalencia de más del 90% hace que los tratamientos en cebos sean muy repetitivos. ¿Cómo se puede interpretar este proceder? Estamos en manos de los técnicos inspectores, si se considera metafilaxia debería de ser limitada en el tiempo, con analítica y con medidas para dejar de aplicarla. Si lo consideramos un tratamiento (es imposible diferenciar un animal sano de uno portador de la enfermedad y por tanto enfermo) no tendremos problema en prescribir.
- La obligación de que las prescripciones vayan precedidas de la visita veterinaria demostrable, aunque se contemple la excepción en el caso del Veterinario de Explotación, dificulta la operativa diaria, donde el veterinario, como hemos comentado, no puede estar de baja o tener el fin de semana libre o vacaciones puesto que los animales enferman cualquier día de la semana o del año.

## **R.D. 992/2022**

---

De los tres fue el primero en publicarse y es el más controvertido porque no tiene en cuenta las peculiaridades de las especies ni las características de los tratamientos. En resumen, este Real Decreto dispone el uso de los datos que aportamos los veterinarios en cada prescripción vía PRESVET y permite a la Administración generar un consumo de antimicrobianos medio por explotación. Este consumo de forma trimestral se puede consultar en PRESVET y se llama Consumo Trimestral. Se establece una media anual de consumo por especies, el Indicador de Referencia Nacional (INR en lo sucesivo), publicada en junio de cada año y sobre esta media se pueden comparar los consumos de cada explotación, bien sea el Consumo Trimestral (consumo medio del trimestre) o Consumo Habitual (media del trimestre actual y los tres trimestres anteriores) o de forma que nos encontramos con los siguientes supuestos contemplados:

- Granjas tipo "A" con Consumo Habitual hasta un 5% superior al IRN. Son las granjas que no requieren ninguna medida, seguir con la pauta actual.
- Granjas tipo "B" con Consumo Habitual del 5,1% y el 25,9% por encima del IRN. El Veterinario de Explotación propondrá medidas en el Plan Sanitario Integral encaminadas a disminuir el consumo.

- Granjas tipo "C" con Consumo Habitual del 26% al 50,9% del IRN. Como en el caso anterior, el Veterinario de Explotación podrá revisar el plan y el cumplimiento, además la autoridad competente realizará una inspección para comprobar que las prescripciones son según la normativa 666/2023.
- Granjas tipo "D" con Consumo Habitual del 51% al 100% tendrán que cumplir las mismas medidas que las del tipo "C" pero en 6 meses como máximo tendrán que estar en el tipo "C".
- Granjas tipo "E" con Consumo Habitual superior al 100% deberá de cambiar de tendencia en 6 meses máximo. Si no se consigue, la administración puede limitar los movimientos o incluso suspender la autorización de producir.

Viendo estas novedades legislativas queda poco margen para el optimismo, realmente no sabemos si es el objetivo, pero probablemente la consecuencia será una disminución del sector más acusada de lo que ya ha sido hasta ahora con la legislación precedente (fundamentalmente los Reglamentos 4, 5, 6 del 2019 del Parlamento Europeo). Nos queda esperar a la interpretación que los funcionarios inspectores hagan de estas leyes o a que los recursos que se han interpuesto y que se interpongan en los posibles procedimientos judiciales vayan puliendo lo publicado.

Concretamente la Asociación de Veterinarios de Cunicultura hemos interpuesto un recurso al 666/2023 con varias alegaciones, las principales las hemos comentado anteriormente.

En cuanto al 992/2022, hemos expresado al Ministerio de Agricultura nuestras objeciones en el caso concreto de la cunicultura, algunas de estas objeciones son las siguientes:

- El método de cálculo por trimestres perjudica claramente a las especies con un ciclo menor al trimestre puesto que las de ciclo superior ante una medicación tendrían un trimestre con consumo y otro sin él.
- En el cálculo de las Unidades de Referencia (un peso medio estimado donde más probable es la medicación de forma que permita la comparación entre especies) también nos sentimos perjudicados, ya que se consideran 1,4 kilos como el peso más probable en el que se medica, correcto para cebo pero no tiene en cuenta las madres (en realidad pesan más de 4 kilos) que se consideran también de 1,4 kilos y gazapos antes de entrar en cebadero que no se tienen en cuenta (en realidad pesan unos 900 gramos), situación que sí que se tiene en cuenta en otras especies.
- Las especies de pequeño tamaño y/o con autorizaciones más nuevas tienen una dosificación mayor en algunos antibióticos que las especies mayores. En la cunicultura es evidente.
- Para el cálculo del consumo trimestral en el numerador está el consumo y en el denominador el censo + entradas en el caso de la mayoría de las especies pero en el caso de la cunicultura, al no disponer la administración del dato de las entradas (normalmente es ciclo cerrado) se consideran censo + salidas, lógicamente ya no se consideran las bajas que haya podido haber lo que vuelve a perjudicar a la cunicultura, sobre todo a las granjas más problemáticas.
- Como hemos comentado las granjas con el Consumo Habitual más alto, las tipo "E" superan el IRN en un 100% pero entre las distintas medicaciones hay diferencias mucho mayores de este 100%. En el caso de la cunicultura, como hemos comentado, tenemos antibióticos con dosificaciones muy altas como oxitetraciclina y doxiciclina y otras con dosificaciones bajas como la valnevilina, de forma que la diferencia entre valnevilina y oxitetraciclina o doxiciclina es de más del 800%. ¿Cómo la Administración va a poder retirar una autorización de producción a una granja por tener un Consumo Habitual superior al IRN en un 100% cuando la diferencia de dosificación entre antimicrobianos es del 800%?

Como conclusión final, nos toca vivir unos tiempos convulsos y poco motivantes, pero si algo ha demostrado nuestro sector es una capacidad de adaptación impresionante. Ningún otro sector ha tenido una evolución tan intensa y rápida como el nuestro. Tenemos grandes retos por delante y no es el momento de bajar los brazos. Estamos más organizados y unidos que nunca y tenemos que luchar por que se tengan en cuenta nuestras peculiaridades.

# NUTRICIÓN

---

**Crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad de canal de conejos en crecimiento alimentados con dietas conteniendo dos productos derivados de la producción de linaza suplementados con dos niveles de vitamina E**

Savietto D, Bannelier C, Despeyroux M, Guillevic M, Colin M, Palacios C, Gidenne T

**Efecto de la inclusión en el pienso de *Saccharina latissima*, *Ulva lactuca* y su extracto sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento.**

Al-Soufi S, Cegarra E, Buján M, Sevilla L, Muiños A, López-Alonso M, Nicodemus N, García J

**La hoja de plátano deshidratada en la dieta del conejo mejora la calidad y la estabilidad oxidativa de la carne refrigerada hasta 72 horas**

Miranda VMMC, Silva EMTT, Leite SM, Vargas MD, Ribeiro LB, Castilha LD

**Influencia del tipo de ácido orgánico y vía de administración sobre el rendimiento productivo y la salud de conejos post-destete**

Ramón-Moragues A, Franch J, Martínez-Paredes E, Peixoto-Gonçalves C, Ródenas L, López MC, Marín-García PJ, Blas E, Pascual JJ, Cambra-López M

**Potencial antimicrobiano *in vitro* de compuestos bioactivos sobre cepas bacterianas enteropatógenas del conejo**

Ramón-Moragues A, Pascual JJ, Cambra-López M, Sanz-Tejero C, Sánchez-Salom L, Pérez-Esteve E

# Crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad de canal de conejos en crecimiento alimentados con dietas conteniendo dos productos derivados de la producción de linaza suplementados con dos niveles de vitamina E

*Growth, feed efficiency and carcass quality of growing rabbits fed diets containing two products derived from linseed production supplemented with two levels of vitamin E*

**Savietto D<sup>1</sup>\*, Bannelier C<sup>1</sup>, Despeyroux M<sup>1</sup>, Guillevic M<sup>2</sup>, Colin M<sup>3</sup>, Palacios C<sup>3</sup>, Gidenne T<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>2</sup>VALOREX, La Messoyais, F-35210 Combourtille, France

<sup>3</sup>COPRI, Coat Izella N°2, F 29830 Ploudalmézeau, France

\* [davi.savietto@inrae.fr](mailto:davi.savietto@inrae.fr)

## Resumen

El crecimiento, la eficiencia alimentaria y el perfil de ácidos grasos poliinsaturados (omega-6 y omega-3) fueron evaluados en conejos de engorde alimentados con dietas conteniendo dos nuevos productos derivados de producción de linaza. Un total de 400 conejos fueron distribuidos entre las cinco dietas experimentales (CTL: control, PL-O: mezcla de piel de linaza rica en grasa y harina de trigo (70:30); PL-E: PL + Vitamina E, HL-O: harina de linaza extrusionada rica en grasa, HL-E: HL + Vitamina E) a los 36 días de vida. A los 71 días de vida, 20 animales/dieta fueron sacrificados para cuantificar el perfil de ácidos grasos en el musculo longissimus dorsi. El crecimiento ( $\approx 40$  g/conejo/día), el consumo de pienso ( $\approx 129$  g/día) y el índice de riesgo sanitario (morbilidad + mortalidad  $\approx 44,5\%$ ) fueron similares entre las cinco dietas. La proporción de ácidos grasos poliinsaturados omega-6 fue superior en la dieta CTL respecto a las demás dietas ( $\approx 2,0$  puntos). Las dietas conteniendo PL y HL tuvieron un perfil de ácidos grasos con un mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 ( $\approx 3,7$  puntos) respecto a la dieta CTL, dando lugar a una mayor relación omega-6/omega-3 en la dieta CTL respecto a las demás dietas ( $\approx 4,3$  unidades).

**Palabras clave:** *Oryctolagus cuniculus*, piel de linaza, harina de linaza, perfil de ácidos.

## Abstract

Growth, feed efficiency and polyunsaturated fatty acid profile (omega-6 and omega-3) were evaluated in fattening rabbits fed diets containing two novel products derived from the flaxseed oil production. A total of 400 rabbits were distributed among the five experimental diets (CTL: control, PL-O: mixture of high fat flaxseed chaff and wheat flour (70:30); PL-E: PL + Vitamin E, HL-O: high fat extruded flaxseed meal, HL-E: HL + Vitamin E) at 36 days of age. At 71 days of age, 20 animals/diet were euthanized to quantify the fatty acid profile in the *longissimus dorsi* muscle. Growth ( $\approx 40$  g/rabbit/day), feed consumption ( $\approx 129$  g/day), and the health risk index (morbidity + mortality  $\approx 44.5\%$ ) were similar among the five diets. The proportion of omega-6 polyunsaturated fatty acids was higher in the CTL diet with respect to the other diets ( $\approx 2.0$  points). The diets containing PL and HL had a fatty acid profile with a higher percentage of omega-3 polyunsaturated fatty acids ( $\approx 3.7$  points) relative to the CTL diet, resulting in a higher omega-6/omega-3 ratio in the CTL diet relative to the other diets ( $\approx 4.3$  units).

**Keywords:** *Oryctolagus cuniculus*, linseed chaff, linseed meal, fatty acids profile.

## Introducción

Diferentes estrategias nutricionales favorecen el incremento del contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) del tipo omega-3 en la carne de los conejos. Entre ellas podemos citar la incorporación directa de

aceites (pescado: Rodríguez *et al.*, 2017; o linaza: Eiben *et al.*, 2011) en los piensos, así como la utilización de granos enteros (Bianchi *et al.*, 2010) o harinas de linaza (Dal Bosco *et al.*, 2004).

Con un nivel de eficacia variable, las distintas estrategias nutricionales utilizadas para aumentar los PUFA omega-3 en la carne de conejo, difieren en términos de aplicación prácticas o impacto medioambiental. El aceite de pescado suscita preocupaciones sobre la sostenibilidad del recurso y es propenso a la oxidación. El aceite de linaza, por su parte, es vulnerable a la oxidación mientras la linaza cruda tiene una baja digestibilidad (acceso limitado a la grasa y a la presencia de factores antinutritivos como los cianógenos).

Frente a estos retos, proponemos un enfoque innovador. Seleccionando específicamente semillas de linaza ricas en omega-3 y sometiénolas a tratamientos adecuados, podemos superar las limitaciones de las estrategias citadas anteriormente. En el presente trabajo, estudiaremos los efectos de dos nuevos ingredientes (uno obtenido a partir de tratamiento mecánico, incluido el fraccionamiento de las semillas para concentrar las fracciones de fibra soluble y/o insoluble y los lignanos y el otro sometido a un tratamiento termo-mecánico para aumentar la digestibilidad de la grasa y eliminar las toxinas) en el crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad de canal de conejos de engorde.

## Material y métodos

El experimento fue realizado en la instalación experimental INRAE GenPhySE (<https://doi.org/10.17180/ftvh-x393>) entre mayo y junio 2023. Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Ministerio de Educación Nacional, Enseñanza Superior e Investigación de Francia (número de acuerdo: 34192-2022021018355953).

### Dietas experimentales

Se diseñaron cinco dietas iso-energéticas ( $\approx 15,8$  MJ/kg) e iso-proteicas ( $\approx 181$  g/kg) para evaluar la influencia de dos nuevos productos de linaza [(1) mezcla (70:30) de piel del grano de linaza grasa (PL) con harina de trigo y (2) harina de linaza con alto contenido en grasa (HL)] sobre el crecimiento, la eficiencia alimentaria y la calidad de la canal de conejos. Las dietas conteniendo PL y HL fueron diseñadas para contener una cantidad similar de ácidos grasos omega-3 ( $\approx 2,4$  g/kg MS) resultando en una proporción omega-6/omega-3 de  $\approx 2,0$  g/kg de MS. Los ingredientes y la composición química de las dietas experimentales figuran en la **Tabla 1**.

### Animales y procedimientos experimentales

Un total de 400 conejos (de ambos sexos, ratio 1:1) fueron alojados en jaulas experimentales (largo  $\times$  ancho  $\times$  alto: 90  $\times$  46  $\times$  60 cm) entre 36 y 71 días de vida (destete y sacrificio, respectivamente). Al destete, los gazapos con un peso vivo similar fueron distribuidos aleatoriamente a una de las cinco dietas experimentales. También se tuvo en cuenta la camada de origen ( $n = 80$ ), siendo un gazapo de cada camada asignado a una de las dietas experimentales. Cada una de las jaulas contenía cinco conejos. En todo momento, los conejos tuvieron libre acceso al agua y al pienso.

El peso vivo y la ingesta de pienso fueron evaluados semanalmente entre 36 y 71 días de vida. La mortalidad fue verificada diariamente. A los 71 días de vida, 100 conejos (20 animales de cada régimen, de ambos sexos) fueron sacrificados. El peso de la canal caliente y de la canal fría (24 horas a 4°C), así como el peso del hígado, de los riñones y del contenido graso fueron determinados según Blasco *et al.* (1996). Finalmente, el perfil de ácidos grasos fue determinado por cromatografía gaseosa en muestras ( $n = 20$ /dieta) del longissimus dorsi.

### Análisis estadísticos

El programa R (<https://cran.r-project.org/>) versión 4.3.1 fue utilizado en los análisis de los datos. Los datos de peso vivo fueron analizados utilizando un modelo mixto teniendo la dieta como efecto fijo y el animal anidado a la jaula como efecto aleatorio. Los datos de ingestión de pienso fueron analizados utilizando un modelo mixto teniendo la dieta como efecto fijo y la jaula como efecto aleatorio. Se utilizó un modelo binomial teniendo la dieta como efecto principal en el análisis de los datos de morbilidad y mortalidad y un modelo lineal (dieta como efecto principal) en el análisis de la canal y del perfil de ácidos grasos.

**Tabla 1.** Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.

Ingredientes (g/kg)	Dietas experimentales*				
	PL-O	PL-E	CTL	HL-O	HL-E
Avena	150,0	150,0	150,0	150,0	150,0
Cebada	103,0	115,0	121,0	116,0	112,0
Harina de girasol	129,0	130,0	132,0	181,0	187,5
Harina de soja	152,0	150,0	100,0	92,5	87,5
Alfalfa deshidratada	200,0	200,0	422,0	200,0	200,0
Paja de trigo	180,0	154,0	30,0	138,0	105,0
Pulpa de remolacha	40,0	40,0	30,0	30,0	50,0
Harina de linaza extrusionada (HL)	-	-	-	77,5	78,0
Piel de linaza (PL) y harina de trigo (70:30)	31,0	31,0	-	-	-
Fosfato monocalcico	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Sal (NaCl)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Suplemento Mineral y Vitamínico†	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Suplemento de Vitamina E y Selenio‡	-	15,0	-	-	15,0
<b>Composición Química (g/kg MS)</b>					
Materia seca (MS)	92,5	92,1	91,8	92,5	92,3
Energía (MJ/kg MS)	15,7	15,9	15,7	15,9	15,9
Proteína bruta	179,0	179,0	172,0	189,0	188,0
Fibra detergente neutro	339,0	317,0	322,0	342,0	309,0
Fibra detergente ácido	217,0	193,0	198,0	192,0	181,0
Lignina detergente ácido	54,0	48,0	69,0	49,0	48,0
Celulose	163,0	145,0	129,0	143,0	134,0
Lípidos totales	27,0	29,0	24,0	31,0	32,0
Ácidos grasos totales (g/kg MS)	14,3	14,3	12,2	15,9	16,2
C18:2 (n-6)	4,4	4,5	4,2	5,2	5,2
C18:3 (n-3)	2,5	2,1	0,9	2,4	2,4
n-6/ n-3 ratio	1,8	2,1	4,7	2,1	2,2

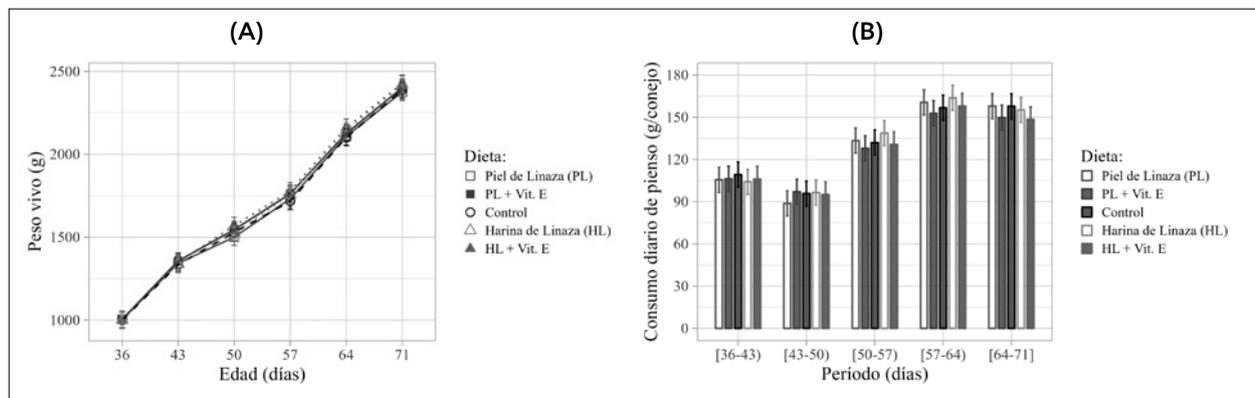
\*Dietas experimentales: piel del grano linaza (PL-O), piel del grano de linaza + vitamina E (PL-E), Control (CTL), harina de linaza (HL-O) y harina de linaza + vitamina E (HL-E).

†WISIUM SUPER 84 S. Vitaminas: A (3a672a), 1 600 000 UI/kg; D3 (3a671), 120 000 UI/kg; E (3a700) 1 000 UI/kg. Oligoelementos: Cooper (3b405), 2 200 mg/kg; Magnesio (3b502), 400 mg/kg; Zinc (3b603), 6 000 mg/kg; Iodo (3b201), 40 mg/kg; Selenio (3b801), 10 mg/kg.

‡WISIUM WIMIX VIT E SE 0.5-1 6. Vitaminas: E (3a700), 5 000 UI/kg. Oligoelementos: Selenio (3b801), 20 mg/kg; Selenio (3b802), 5 mg/kg. Conservantes: Acido cítrico (1a330), 380 mg/kg. Antioxidantes: BHT (E321), 1 500 mg/kg; Galato de propilo (E310), 375 mg/kg.

## Resultados y discusión

La utilización de PL y de la HL (con o sin suplemento adicional de vitamina E) no ha alterado el crecimiento de los animales respecto a la dieta control (**Figura 1A**). La ganancia media diaria entre 36 y 71 días de edad estuvo en el entorno de los 40 g/conejo/día (PL-O: 40,9; PL-E: 41,0; CTL: 40,0; HL-O: 39,6; HL-E: 40,3;  $P>0,20$ ). El consumo diario de pienso fue similar entre las dietas experimentales (**Figura 1B**). En el primer período, la ingestión de pienso fue de 106,3 g/conejo, bajando a 94,6 g/conejo en el segundo periodo. Esta reducción estuvo relacionada con la elevada tasa de morbilidad + mortalidad observada entre 41 y 53 días (44,5%; 88 conejos mórbidos y 90 muertos); sin diferencias entre las dietas (PL-O: 51,2%; PL-E: 42,5%; CTL: 42,5%; HL-O: 42,5%; HL-E: 43,8%;  $P=0,75$ ). Después del tratamiento antibiótico, el consumo de pienso alcanzó niveles normales en los periodos [57-64] y [64-71], llegando a 158,4 y 153,8 g/conejo, respectivamente. A lo largo del experimento, todos los casos de morbilidad y las muertes estuvieron relacionados a problemas digestivos.



**Figura 1.** (A) Peso vivo (g) y (B) consumo de pienso en función de la dieta.

Dal Bosco *et al.* (2004) tampoco observaron diferencias en el crecimiento, el consumo de pienso y en la mortalidad en conejos de engorde alimentados con una dieta conteniendo 80 g/kg de harina de linaza suplementada con vitamina E respecto a una dieta control de composición química similar (ej. proteína bruta, energía digestible y fibras). A pesar de la tasa de morbilidad y mortalidad haber sido elevada, no se puede atribuir una relación de causa entre la utilización de los productos derivados de la linaza y la aparición de los problemas digestivos observados. Según Palla y Gilani (2015), en preparaciones aisladas de yeyuno de conejo, el aceite de linaza produjo una inhibición dependiente de la dosis tanto de las contracciones espontáneas como de las inducidas por potasio en el yeyuno de conejo. Estos mismos autores observaron una ausencia de efecto espasmódicos de los mucílagos en el yeyuno de conejo.

No se observaron diferencias estadísticas en el peso de la canal caliente, del hígado y de los riñones entre las dietas experimentales (**Tabla 2**) a diferencia de Eiben *et al.* (2011) quienes observaron un aumento en el peso de la canal caliente y refrigerada en conejos alimentados con dietas ricas en aceite (de girasol y de linaza) suplementadas con vitamina E. Pero las diferencias observadas en estos parámetros pueden estar relacionadas con el contenido energético más elevado en las dietas conteniendo aceite respecto a la dieta control (10,6 vs 11,4 MJ/kg). El peso de la canal refrigerada de las dietas conteniendo PL y HL (con o sin vitamina E suplementar) fue similar a la dieta control. Además, el peso de la canal refrigerada de la dieta HL-E fue  $\approx$ 61 g superior a la dieta PL-O. El peso de la grasa (escapular y perirrenal) de las canales de la dieta HL-O fue  $\approx$ 6,4 g superior al peso graso de la dieta CTL; sin diferencias estadísticas entre las demás dietas.

Las dietas conteniendo PL y HL (con o sin vitamina E suplementar) tuvieron una proporción de ácidos grasos saturados (SFA total) más baja ( $\approx$ 1,5 puntos porcentuales) y una proporción ácidos grasos poliinsaturados (PUFA total) superior ( $\approx$ 1,7 puntos porcentuales) respecto a la dieta CTL. Sin embargo, la proporción de los ácidos grasos PUFA omega-6 fue superior en la dieta CTL respecto a las demás dietas ( $\approx$ 2,0 puntos porcentuales), conteniendo estas un porcentual más elevado en ácidos grasos PUFA omega-3 ( $\approx$ 3,7 puntos porcentuales); resultando en una proporción de omega-6/omega-3 superior en la dieta CTL respecto a las dietas conteniendo PL y HL ( $\approx$ 4,3 unidades). Estos resultados corroboran las observaciones de Dal Bosco *et al.* (2004), quienes observaron patrones similares en los cambios del perfil de ácidos grasos en el músculo *longissimus dorsi* de conejos suplementados con harina de linaza y 200 mg/kg de vitamina E (valores superiores a los 80 mg/kg de vitamina E en las dietas con un suplemento adicional).

**Tabla 2.** Peso de la canal y perfil de los ácidos grasos (*Longissimus dorsi*) en función de la dieta.

Parámetros	Dietas experimentales*					P-valor (Contrastes)
	PL-O	PL-E	CTL	HL-O	HL-E	
Peso canal y órganos (g)						
Canal caliente	1470	1474	1477	1511	1519	$\geq$ 0,208
Canal refrigerada (24h a 4°C)	1401 <sup>A</sup>	1402 <sup>AB</sup>	1408 <sup>AB</sup>	1442 <sup>AB</sup>	1463 <sup>B</sup>	$\geq$ 0,046
Hígado	71,9	69,8	72,5	74,5	72,7	$\geq$ 0,907
Riñones	16,2	15,3	15,9	15,9	15,9	$\geq$ 0,239
Grasa (escapular y perirrenal)	19,5 <sup>AB</sup>	19,8 <sup>AB</sup>	17,7 <sup>A</sup>	24,1 <sup>B</sup>	22,4 <sup>AB</sup>	$\geq$ 0,003
<b>Perfil de ácidos grasos (%)</b>						
SFA total ‡	35,4 <sup>AB</sup>	35,6 <sup>B</sup>	36,7 <sup>C</sup>	34,9 <sup>AB</sup>	34,8 <sup>A</sup>	<0,001
MUFA total †	30,4	30,6	31,1	31,5	31,4	$\geq$ 0,067
PUFA total ‡	33,0 <sup>B</sup>	33,0 <sup>B</sup>	31,5 <sup>A</sup>	33,7 <sup>B</sup>	33,3 <sup>B</sup>	$\leq$ 0,037
Omega 6 (n-6)	25,5 <sup>A</sup>	25,5 <sup>A</sup>	27,7 <sup>B</sup>	25,8 <sup>A</sup>	25,8 <sup>A</sup>	<0,001
Omega 3 (n-3)	7,53 <sup>B</sup>	7,17 <sup>B</sup>	3,54 <sup>A</sup>	7,09 <sup>B</sup>	7,12 <sup>B</sup>	<0,001
Ratio n-6/n-3	3,46 <sup>A</sup>	3,62 <sup>A</sup>	7,91 <sup>B</sup>	3,63 <sup>A</sup>	3,62 <sup>A</sup>	<0,001

\*Dietas experimentales: piel del grano linaza (PL-O), piel del grano de linaza + vitamina E (PL-E), Control (CTL), harina de linaza (HL-O) y harina de linaza + vitamina E (HL-E).

‡SFA total: suma de los ácidos grasos saturados (C10:0; C12:0; C14:0; C16:0; C18:0; C20:0; C22:0; C24:0) con los SFA de cadena ramificada (C15:0-iso; C15:0-anteiso; C17:0-iso; C17:0-anteiso) y los SFA de cadena impar (C15:0; C17:0; C21:0; C23:0).

†MUFA total: suma de los ácidos grasos monoinsaturados -cis (C14:1, C16:1n9-cis7, C16:1n7-cis7, C18:1n9-cis9, C18:1n7-cis11, C18:1-cis15, C20:1; C20:1n7-cis13, C22:1n11 y C24:1n15-cis9) y -trans (C18:1 -trans8-9; C18:1 -trans11) con los MUFA de cadena impar (C15:1n5 -cis10; C17:1n7 -cis10).

‡PUFA total: suma de los ácidos grasos poliinsaturados Omega 6 (C18:2n6c LA, C18:3n6 GLA, C20:2n6, C20:3n6, C20:4n6, C22:2n6, C18:2n6 -trans9-12; otros isómeros C18:2) y Omega 3 (C18:3n3 ALA; C20:3n3 -cis11,14,17; C20:5n3 EPA; C22:4n3 DPA; C22:6n3 DHA) con los ácidos linoleicos conjugados (CLA -cis9, -trans11; CLA -cis12, -trans10).

## Conclusiones

---

La mezcla piel de linaza con harina de trigo (70:30) y harina de linaza extrusionada rica en grasa son dos ingredientes de interés en nutrición de conejos de engorde. Su uso favorece la acumulación de ácidos grasos poliinsaturados tipo omega-3, aumentando la calidad de la canal sin afectar el crecimiento ni el riesgo sanitario (morbidez + mortalidad) durante el engorde.

## Agradecimientos

---

Agradecemos al personal de la granja experimental por el cuidado diario de los animales y a la Unión Europea (PRIMA Omega-Rabbit Project) por financiar el estudio.

## Bibliografía

---

- Bianchi M, Petracci M, Cavani C. 2010. The influence of linseed on rabbit meat quality. *World Rabbit Sci*, 17: 97-107.
- Blasco A, Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Sci* 4: 93-99.
- Dal Bosco A, Castellini C, Bianchi L, Mugnai C. 2004. Effect of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Sci* 66: 407-413.
- Eiben Cs, Végi B, Virág Gy, Gódor-Surmann K, Kustos K, Maró A, Odermatt M, Zsédely E, Tóth T, Schmidt J, Fébel H. 2011. Effect of level and source of vitamin E addition of a diet enriched with sunflower and linseed oils on growth and slaughter traits of rabbits. *Livest Sci* 139: 196-205.
- Rodríguez M, Carro MD, Valiente V, Formoso-Rafferty N, Rebollar P.G. 2017. Effects of dietary fish oil supplementation on performance, meat quality, and cecal fermentation of growing rabbits1. *J Anim Sci* 95: 3620-3630.
- Palla AH, Gilani A-H. 2015. Dual effectiveness of Flaxseed in constipation and diarrhea: possible mechanism. *J Ethnopharmacol* 169: 60-68.

# Efecto de la inclusión en el pienso de *Saccharina latissima*, *Ulva lactuca* y su extracto sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento

*Effect of the inclusion of Saccharina latissima, Ulva lactuca and its extract on performance in growing rabbits*

**Al-Soufi S<sup>1</sup>, Cegarra E<sup>2</sup>, Buján M<sup>3</sup>, Sevilla L<sup>2</sup>, Muiños A<sup>3</sup>, López-Alonso M<sup>1</sup>, Nicodemus N<sup>4</sup>, García J<sup>4\*</sup>.**

<sup>1</sup>Dpto. Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidade de Santiago de Compostela, Lugo.

<sup>2</sup>De Heus, A Coruña

<sup>3</sup>PORTO-MUIÑOS, S.L., Cerceda, A Coruña.

<sup>4</sup>Dpto. Producción Agraria. ETS Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid.

\*javier.garcia@upm.es

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de *S. latissima* (0,25%) y *Ulva lactuca* (1%) deshidratadas, así como un extracto de esta última (0,04%) sobre los rendimientos productivos en gazapos. Para ello se formuló un pienso control y otros tres en los que se incluyeron las algas. El contenido de yodo de los piensos fue de 1,20 (control)-7,41-1,97-1,13 ppm, respectivamente. Se realizaron dos experimentos en dos granjas (25 y 24 camadas de 8 gazapos cada una/tratamiento) y, en ambas, fue necesario medicar durante el cebo por problemas digestivos (mortalidad media del 17 y 9%, respectivamente). En este contexto, los productos de algas no empeoraron la incidencia de la mortalidad ni los rendimientos productivos. En la granja A, de 61 a 65 d de edad se observó una tendencia a reducir la ingestión de pienso en los grupos alimentados con algas con respecto al grupo control ( $P = 0,064$ ), sin afectar a la velocidad de crecimiento. Esto podría explicar que en el periodo completo de cebo el índice de conversión corregido (incluyendo el incremento de peso de las bajas) tendiera a reducirse en estos mismos grupos ( $P = 0,12$ ). El peso medio final de los gazapos fue muy similar entre los distintos tratamientos. En la granja B, de 33 a 54 d de edad los gazapos alimentados con algas tendieron a mejorar el índice de conversión respecto al grupo control ( $P = 0,065$ ). En el segundo periodo de cebo redujeron su velocidad de crecimiento respecto al control un 7% ( $P = 0,038$ ). El peso medio final de los gazapos también fue muy parecido entre los distintos tratamientos. El contenido en yodo del pienso con *S. latissima* deshidratada no pareció afectar negativamente a los rendimientos productivos.

**Palabras clave:** *Saccharina latissima*, *Ulva lactuca*, conejo.

## Abstract:

The aim of this study was to evaluate the effect of the inclusion of dehydrated *S. latissima* (0.25%) and *Ulva lactuca* (1%), as well as an extract of the latter (0.04%) on productive performances in growing rabbits. For this, a control feed and three others in which algae were included were formulated. The iodine content of the feeds was 1.20 (control)-7.41-1.97-1.13 ppm, respectively. Two experiments were carried out in two farms (25 and 24 litters of 8 rabbits each/treatment) and in both it was necessary to medicate during fattening due to digestive problems (average mortality 17 and 9%, respectively). In this context, the algae products did not modify the incidence of mortality or main production performances. On farm A, from 61 to 65 d of age, there was a tendency to reduce feed intake in the algae-fed groups compared to the control group ( $P = 0.064$ ), without affecting growth rate. This could explain why in the full fattening period the corrected feed conversion ratio (including the increase in body weight of the dead) tended to decrease in the same groups ( $P = 0.12$ ). On farm B, from 33 to 54 d of age, the algae-fed rabbits tended to have an improved feed conversion ratio compared to the control group ( $P = 0.065$ ). In the second fattening period, they reduced their growth rate compared to the control by 7% ( $P = 0.038$ ). In both trials the mean final weight of the young rabbits was also very similar between the different treatments. The iodine content of the dehydrated *S. latissima* diet did not affect performance.

**Keywords:** *Saccharina latissima*, *Ulva lactuca*, rabbit.

## Introducción

El cultivo de macroalgas es una actividad que no es nueva en el sudeste asiático, donde las algas se utilizan en alimentación humana, cosmética, etc. y que producen una gran cantidad de biomasa. En España se han comenzado a cultivar algunas algas demostrando ejercer un efecto beneficioso sobre el medio ambiente marino, por ejemplo, en torno a las bateas de mejillón (Freitas *et al.*, 2016). Su utilización como ingrediente para animales ha sido más bien excepcional debido a sus características nutricionales (Makkar *et al.*, 2016), donde predominan la fibra dietética (con un contenido relevante en polisacáridos complejos y solubles) y las cenizas (Al-Soufi *et al.*, 2023), además de poseer un contenido variable de compuestos antinutritivos (de Oliveira *et al.*, 2009; Kellogg *et al.*, 2014). En todo caso, las algas marinas o compuestos extraídos de las mismas pueden ser una fuente de fibra interesante para los conejos, por su posible carácter prebiótico, y/o como potenciadores del sistema inmune. En este contexto, hay dos algas con gran disponibilidad en Galicia como son *Saccharina latissima* (es escasa en el medio natural y está protegida, pero se cultiva) y *Ulva lactuca* (es abundante en el medio natural). En trabajos previos se ha observado que tanto *S. latissima* como sus extractos son fermentados a nivel *in vitro* por el conejo tan bien o más que la pulpa de remolacha, probablemente asociado a su contenido en laminarina, mientras que *U. lactuca* fermenta mucho peor, probablemente debido a su gran cantidad de ulvanos (Bobin-Dubigeon *et al.*, 1997; Al-Soufi *et al.*, 2023). No se observó que estas algas deshidratadas inhibieran *in vitro* el crecimiento de enterobacterias patógenas, aunque sí el extracto hidrolizado de *S. latissima* (a la concentración máxima evaluada: 8 mg/ml. Al-Soufi *et al.*, 2023). Por su parte los ulvanos mostraron cierta capacidad antimicrobiana *in vitro* pero a concentraciones mucho mayores (>50 mg/ml) y estimularon la respuesta inmune en un modelo *in vitro* (Berri *et al.*, 2016), lo que podría resultar de interés dada su limitada fermentabilidad. En experimentos *in vivo*, la inclusión de un 1% de *S. latissima* deshidratada o de su extracto en el pienso tendió a mejorar la digestibilidad fecal de la materia seca y la proteína, lo que no fue tan evidente cuando se utilizó el extracto de *Ulva* spp. (Alfonzo *et al.*, 2023). En lechones se observó un efecto positivo de la inclusión de laminarina (300 ppm) sobre la digestibilidad fecal de la proteína y energía, lo que podría estar vinculado con una mejora de la funcionalidad intestinal (Walsh *et al.*, 2013; Heim *et al.*, 2014). Sin embargo, no se observó efecto alguno de los productos de macroalgas sobre la salud de los gazapos ni sobre los rendimientos productivos, salvo una tendencia a reducir la ingestión de pienso (Alfonzo, 2023; Pérez, 2023). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de *S. latissima* y *U. lactuca* deshidratadas, así como un extracto de esta última sobre los rendimientos productivos en gazapos durante el periodo de cebo.

## Material y métodos

Se formuló un pienso control con un 33,0% de FND, 15% de almidón, 14,0% de proteína bruta, 0,64% de lisina y 2205 kcal energía digestible/kg (**Tabla 1**) utilizando los siguientes ingredientes (%): alfalfa (15), salvado (10), pulpa de remolacha (15), girasol integral (19), trigo (17,1), h. palmiste (4), avena (5), paja (10,1), DDGS maíz (1), melaza (4), aceite de soja (0,5), sal (0,3), sulfato lisina (0,21), L-treonina (0,084), corrector (0,3) y diclazuril (1 ppm). El corrector aportó por kg de pienso: Vitamina-A: 10.000 UI, Vitamina-D3: 1.000 UI, Vitamina-E: 40 ppm, Vitamina-K3: 2 ppm, Vitamina-B1: 2 ppm, Vitamina-B2: 6 ppm, Vitamina-B6: 4 ppm, Vitamina-B12: 15 ppb, ácido fólico: 1 ppm, ácido nicotínico: 40 ppm, biotina: 100 ppb, Hierro: 50 ppm, cobre: 8 ppm, cinc: 50 ppm, manganeso: 10 ppm, cobalto: 0.2 ppm, yodo: 1 ppm, selenio: 0.20 ppm. Se formularon otros tres piensos añadiendo sobre el pienso control 0,25% de *Saccharina latissima* deshidratada, 1% de *Ulva lactuca* deshidratada y 0,04% de extracto acuoso de *Ulva lactuca* (compuesto mayoritariamente por ulvanos). El nivel de inclusión de *S. latissima* se ajustó para evitar superar el límite máximo de yodo autorizado en la UE en piensos de conejos (10 ppm. Diario Oficial UE, 2005). Las necesidades mínimas de yodo en gazapos en crecimiento varían entre 0,2-0,5 ppm (Mateos *et al.*, 2020) y 0,7-0,9 ppm, y no se aconseja superar los 2 ppm para evitar una reducción en los rendimientos productivos, si bien no hay muchos datos al respecto (Lebas, 2019). El contenido de yodo de los piensos fue de 1,20-7,41-1,97-1,13 ppm, respectivamente. Se realizaron dos experimentos en dos granjas donde los gazapos estuvieron alimentados *ad libitum*. En la granja A se asignaron al azar los 4 tratamientos a 100 camadas recién destetadas (33 d edad y 25 camadas/tratamiento) en las que se dejaron 8 gazapos/camada y jaula. El peso de la camada, la ingestión y las bajas se controlaron los días 33, 61 y 65 de edad. Los gazapos muertos se pesaron para calcular un índice de conversión corregido considerando el incremento de peso de los gazapos muertos. A los 61 d de edad se retiraron los piensos experimentales con coccidiostato y se suministró un pienso común de acabado para todos los gazapos. A los 10 d tras el destete se produjo un brote de colitis enterohemorrágica y a los 21 d un brote de enteropatía epizootica y se tuvieron que medicar los gazapos en dos periodos. En la granja B se asignaron al azar los 4 tratamientos a 96 camadas recién destetadas (33 d edad y 24 camadas/tratamiento) en las que se dejaron 8

gazapos/camada y jaula. El peso de la camada, la ingestión y las bajas se controlaron los días 33, 54 y 61 de edad (a 61 d no se pesó el pienso). El consumo y el índice de conversión fueron calculados cada dos jaulas pues los gazapos compartieron comedero (n = 12/tratamiento). A los 10 d tras el destete se produjo un brote de enteropatía epizootica y se tuvieron que medicar los gazapos. Se realizó un análisis de varianza donde se incluyó en el modelo el tratamiento y el peso medio inicial de la camada como covariable. Se realizó el contraste: control vs. resto de tratamientos (comentado en el texto). La mortalidad se analizó mediante un modelo logístico.

**Tabla 1.** Rendimientos productivos en la granja A.

	Control	S. <i>latissima</i>	U. <i>lactuca</i>	Extr. U. <i>lactuca</i>	EEM	P-cov	P-trat
<b>33-61 d edad</b>							
Peso medio 33 d, g	899	923	905	884	15,2	---	0,36
Velocidad crecimiento, g/gazapo y d	39,8	40,3	40,0	39,9	1,02	0,034	0,98
Consumo, g/gazapo y d	133	133	132	131	3	<0,001	0,97
Índice conversión, g/g	3,37	3,31	3,31	3,31	0,076	0,11	0,94
IC corr, g/g	3,15	3,02	3,03	3,12	0,063	0,079	0,38
Mortalidad, %	19,0	15,0	14,0	18,5	---	---	0,44
<b>61-65 d edad</b>							
Peso medio 61 d, g	2017	2032	2023	2020	28,5	<0,001	0,98
Velocidad de crecimiento, g/gazapo y d	27,9	29,4	29,0	27,8	0,83	0,48	0,48
Consumo, g/gazapo y d	195	180	175	189	6,3	0,43	0,13
IC, g/g	7,31	6,17	6,09	8,56	0,99	0,39	0,26
<b>33-65 d edad</b>							
Peso medio 65 d, g	2129	2150	2139	2131	28,8	<0,001	0,96
Velocidad de crecimiento, g/gazapo y d	38,3	39,0	38,6	38,4	0,90	0,045	0,95
Consumo, g/gazapo y d	141	139	137	138	3,14	<0,001	0,85
IC, g/g	3,70	3,58	3,57	3,63	0,088	0,17	0,72
IC_corr, g/g	3,47	3,29	3,29	3,44	0,072	0,13	0,16
Mortalidad, %	19,0	15,0	14,0	18,5	---	---	0,44

n = 25/tratamiento. EEM: error estándar de la media. ICcorr: IC corregido considerando el incremento de peso de los gazapos muertos.

**Tabla 2.** Rendimientos productivos en la granja B.

	Control	S. <i>latissima</i>	U. <i>lactuca</i>	Extr. U. <i>lactuca</i>	EEM	P-cov	P-trat
<b>33-54 d edad</b>							
Peso medio 33 d, g	925	900	909	886	15,7	---	0,37
Velocidad crecimiento, g/gazapo y d	37,1	38,6	38,4	37,7	0,98	0,27	0,69
Consumo, g/gazapo y d	96,9	95,9	94,6	95,6	1,92	0,29	0,87
Índice conversión, g/g	2,62	2,48	2,46	2,55	0,056	0,89	0,17
Mortalidad, %	9,24	7,07	7,07	7,61	---	---	0,85
<b>54-61 d edad</b>							
Peso medio 54 d, g	1684	1715	1712	1696	20,4	<0,001	0,69
Velocidad crecimiento, g/gazapo y d	47,3	42,9	44,4	45,2	1,27	0,27	0,10
Mortalidad, %	1,60	1,09	1,09	0,54	---	---	0,81
<b>33-61 d edad</b>							
Peso medio 61 d, g	2015	2015	2023	2013	20,8	<0,001	0,99
Velocidad crecimiento, g/gazapo y d	39,7	39,6	39,9	39,6	0,74	0,12	0,99
Mortalidad, %	10,9	8,20	8,20	8,20	---	---	0,74

n = 24/tratamiento, salvo para el consumo y el IC donde n = 12. EEM: error estándar de la media.

## Resultados y discusión

Los experimentos realizados en las granjas A y B estuvieron marcados por la incidencia de trastornos digestivos que obligaron a medicar a los gazapos, resultando finalmente una mortalidad media del 17 y 9%, respectivamente (**Tablas 1 y 2**). En este contexto, los productos de algas no empeoraron la incidencia de la mortalidad ni los rendimientos productivos, al igual que observaron Alfonso (2023) y Pérez (2023). En la granja A, de 61 a 65 d de edad se observó una tendencia a reducir la ingestión de pienso en los grupos alimentados con algas con respecto al grupo control (P = 0,064), sin afectar a la velocidad de crecimiento. Esto podría explicar que en el periodo completo de cebo el índice de conversión corregido tendiera a reducirse en estos mismos grupos (P = 0,12). El peso medio final de los gazapos fue muy similar entre los distintos

tratamientos. En la granja B, de 33 a 54 d de edad los gazapos alimentados con algas tendieron a mejorar el índice de conversión respecto al grupo control ( $P = 0,065$ ). En el segundo periodo de cebo redujeron su velocidad de crecimiento respecto al control un 7% ( $P = 0,038$ ), lo que podría estar asociado a una reducción de la ingestión (no se obtuvo el dato en este periodo). El peso medio final de los gazapos también fue muy parecido entre los distintos tratamientos. El contenido en yodo del pienso con *S. latissima* deshidratada (7,41 ppm) estuvo por debajo de la normativa europea, pero por encima por lo recomendado por Lebas (2019) para evitar un empeoramiento de los rendimientos productivos y Mateos *et al.* (2020). Sin embargo, los gazapos de este grupo no mostraron empeoramiento ni de su salud ni de sus rendimientos productivos. Esto podría indicar que no todo el yodo presente sería digestible, o que la forma en la que está presente en *S. latissima* no ejerce los efectos negativos esperados. Estos resultados concuerdan con la ausencia de efectos negativos en conejos reproductores cuando se ofreció un pienso con hasta 3,7 ppm de yodo, mediante la suplementación de un 2% de *U. lactuca* (Okab *et al.*, 2013). En todo caso, es interesante destacar que el contenido en yodo del extracto de *U. lactuca* se redujo a valores cercanos a cero. En conclusión, la inclusión en el pienso de *S. latissima* y *U. lactuca* deshidratadas, y del extracto de *U. lactuca* no afectó al estado sanitario de los animales y tendió a reducir la ingestión y el crecimiento al final del cebo, sin afectar al peso final de los gazapos.

## Agradecimientos

Resultados derivados del grupo operativo TIRAC, proyecto de innovación cofinanciado en un 80% por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) de la Unión Europea y en un 20% por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en el marco del Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020. La Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (DGDRIFA) es la autoridad encargada de la aplicación de dichas ayudas. Presupuesto total: 492.580,38€. Subvención total: 485.043,58 €.

## Bibliografía

- Alfonzo R. 2023. Efecto de los extractos de *Himanthalia elongata* y *Ulva* spp. sobre los rendimientos productivos de conejos en cebo. Trabajo fin de Máster. UCM-UPM.
- Alfonzo R., Pérez E, Al-Soufi S, de la Cruz P, Silva V, Martín L, del Pozo R, Rybicka A, Buján M, Domínguez H, Torres MD, López-Alonso M, Nicodemus N, García J. 2023. Efecto de la inclusión de productos de algas sobre la digestibilidad fecal y otros parámetros digestivos en gazapos en crecimiento. Actas del XLVII Symposium de Cunicultura. 31 mayo-1 junio León, España. pp. 77-81.
- Al-Soufi S, Nicodemus N, Carro M.D, S., López-Alonso M, Muiños A, Cegarra E, Vázquez-Belda B, García J. 2023. Marine macroalgae in rabbit nutrition: *in vitro* digestibility, caecal fermentability and microbial inhibitory activity of seven macroalgae species from Galicia (NW Spain). *Agriculture* 13(10): 1995.
- Berri M, Slugocki C, Olivier M, Helloin E, Jacques I, Salmon H, Demais H, Le Goff M, Collen PN. 2016. Marine-sulfated polysaccharides extract of *Ulva armoricana* green algae exhibits an antimicrobial activity and stimulates cytokine expression by intestinal epithelial cells. *J. Appl. Phycol.* 28: 2999-3008.
- Bobin-Dubigeon C, Lahaye M, Guillon F, Barry JL, Gallant DJ. 1997. *J Sci Food Agric* 75, 341-351.
- De Oliveira MN., Ponte AL, Urano AF, Tavares TM, Farias DF, Alves DI, Thomaz S, Gomes J, de Castro MM. 2009. Nutritive and non-nutritive attributes of washed-up seaweeds from the coast of Ceará, Brazil. *Food Chem.* 115: 254-259.
- Diario oficial de la Unión Europea. 2005. Reglamento (CE) n° 1459/2005 de la Comisión de 8 de septiembre de 2005 por el que se modifican las condiciones para la autorización de una serie de aditivos en la alimentación animal pertenecientes al grupo de oligoelementos. pp. 233/8-233/10.
- Freitas JRC, Salinas JM, Cremades J. 2016. Saccharina latissima (Laminariales, Ochrophyta) farming in an industrial IMTA system in Galicia (Spain). *J. Appl. Phycol.* 28: 377-385.
- Heim G, Walsh AM, Sweeney T, Doyle DN, O'Shea CJ, Ryan MT, O'Doherty JV. 2014. Effect of seaweed-derived laminarin and fucoïdan and zinc oxide on gut morphology, nutrient transporters, nutrient digestibility, growth performance and selected microbial populations in weaned pigs. *Br. J. Nutr.* 111: 1577-1585.
- Kellog J, Grace MH, Lla A. 2014. Phlorotannins from Alaskan seaweed inhibit carbolytic enzyme activity. *Mar. Drugs* 12 : 5277-5294.
- Lebas F, 2019. Besoins en iode du lapin : Carence, excès, recommandations - Revue bibliographique. 18èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27 - 28 mai, Nantes, France, 112-118
- Mateos G.G., García-Rebollar P, De Blas C. 2020. Minerals, vitamins and additives. En: *Nutrition of the Rabbit*, 3rd ed.; CABI Publishing CAB International: Wallingford, UK, pp. 126-158, ISBN 978-1-78924-127-3.

- Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Giger-Reverdin S, Lessire M, Lebas F, Ankers P. 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 212: 1-17.
- Okab AB, Samara EM, Abdoun KA, Rafay J, Ondruska L, Parkanyi, V, Pivko J, Ayoub MA, Al-Haidary AA, Al-jumaah RS, Massanyi P, Lukac N. 2013. Effects of dietary seaweed (*Ulva lactuca*) supplementation on the reproductive performance of buck and doe rabbits. *J. Appl. Anim. Res.* 41: 347-355.
- Pérez E. 2023. Effect of the inclusion of *Saccharina latissima* and the extract of *Saccharina latissima* on the growth performance in growing rabbits. Trabajo fin de máster. UCM-UPM.
- Walsh AM, Sweeney T, O'Shea CJ, Doyle DN, O'Doherty JV. 2013. Effect of dietary laminarin and fucoïdan on selected microbiota, intestinal morphology and immune status of the newly weaned pig. *Br. J. Nutr.* 110:1630-1638.

# La hoja de plátano deshidratada en la dieta del conejo mejora la calidad y la estabilidad oxidativa de la carne refrigerada hasta 72 horas

*Dehydrated banana leaf in rabbit diet improves the quality and oxidative stability of refrigerated meat for up to 72 hours*

**Miranda VMMC<sup>1\*</sup>, Silva EMTT<sup>2</sup>, Leite SM<sup>1</sup>, Vargas MD<sup>3</sup>, Ribeiro LB<sup>4</sup>, Castilha LD<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante doctorado en Ciencia Animal, PPZ/UEM, Maringá - PR, Brazil.

<sup>2</sup> Estudiante de pregrado en Ciencia Animal, DZO/UEM, Maringá - PR, Brazil.

<sup>3</sup> Profesora Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá - DC, Colombia.

<sup>4</sup> Profesor del Departamento de Ciencia Animal, DZO/UEM, Maringá - PR, Brazil.

\*ldcastilha@uem.br

## Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad, composición química y estabilidad oxidativa de la carne de conejos alimentados con diferentes niveles de hoja de plátano deshidratada (HPD). Se utilizaron 40 conejos Nueva Zelanda Blanco (35 a 85 días de edad), distribuidos en un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (0,00; 3,33; 6,67 y 10,00% de HPD) y 10 repeticiones. A los 85 días de edad, los animales fueron sacrificados para evaluar las características de calidad, composición química y estabilidad oxidativa de la carne hasta las 72 horas de almacenamiento bajo refrigeración (4°C). Se observó aumento lineal en el pH a los 45 min (P= 0,017) y a las 24 h (P= 0,003) con el aumento de los niveles de HPD en la dieta. Al igual, aumento lineal (P= 0,081) en la grasa depositada en la carne y reducción lineal (P= 0,033) en la proteína cruda, resultando en aumento lineal en la relación grasa:proteína (P= 0,005) de acuerdo a los crecientes niveles de HPD en las dietas. Los niveles de HPD aumentaron (P<0,001) la captura de radicales DPPH y ABTS, y disminuyó la producción de TBARS en la carne, indicando una mejor capacidad antioxidante, en cuanto, en los días de evaluación se disminuyó (P<0,001) la captura de radicales DPPH y ABTS y aumentó la producción de TBARS. Niveles de hasta un 10% de hoja de plátano deshidratada aumentan el porcentaje de grasa en la carne de conejos Nueva Zelanda Blanco, pero frenan la caída brusca del pH de la carne a los 45 minutos y 24 horas después del sacrificio y mejoran la capacidad antioxidante, favoreciendo la vida útil.

**Palabras clave:** Plátano, Co-producto, Cunicultura, Calidad de la carne.

## Abstract

This study aimed to evaluate the meat quality, chemical composition and oxidative stability of rabbits fed increasing levels of dehydrated banana leaf (DBL). Forty New Zealand White rabbits (35 to 85 days) were used, distributed to cages in a completely randomized design, with four treatments (0.00; 3.33; 6.67 and 10.00% DBL) and 10 replicates. At 85 days of age, the animals were slaughtered to evaluate the quality characteristics, chemical composition and oxidative stability of the meat, for up to 72 hours of storage under refrigeration (4°C). There was a linear increase in pH 45min (P= 0.017) and pH 24h (P= 0.003) due to increasing levels of DBL in the diet. There was a linear increase (P= 0.081) in the crude fat deposited in the carcass and a linear reduction (P= 0.033) in the crude protein, resulting in a linear increase in the fat:protein ratio (P= 0.005) depending on the increasing levels of DBL in the diets. DBL levels increased (P<0.001) the capture of DPPH and ABTS radicals, and stopped the generation of TBARS in meat, indicating an improvement in antioxidant defense, while the evaluation days reduced (P<0.001) the capture of DPPH radicals. and ABTS and increased the generation of TBARS. The inclusion of up to 10% of dehydrated banana leaf increases the percentage of fat in the carcass of New Zealand White rabbits, but stops the sudden drop in pH of the meat 45 minutes and 24 hours after slaughter and improves the antioxidant defense, promoting the shelf life.

**Keywords:** Banana, Byproduct, Rabbit farming, Meat quality.

## Introducción

Considerando que en la cunicultura los animales son alimentados con dietas balanceadas que cubren sus requerimientos nutricionales, con máxima ganancia de peso, mínimo costo y reducida excreción ambiental, esto puede representar un destino alternativo para los co-productos del banano, dado que son animales pertenecientes a una especie (*Oryctolagus cuniculus*) de hábito dietético preferencialmente herbívoro, con alta demanda de fibra vegetal y baja necesidad de almidón dietético (Machado y Ferreira, 2014).

Debido a que la carne de conejo tiene un bajo contenido de grasa y un alto contenido de proteínas, en comparación con otros animales, puede tener buena aceptación en el mercado, especialmente cuando la dieta de estos animales contiene ingredientes que tienen compuestos bioactivos, como los presentes en la hoja de plátano (Falcone *et al.*, 2020).

El banano (*Musa paradisiaca*) es una planta tropical, ampliamente distribuida alrededor del mundo y apreciada en la mayoría de los países, no sólo por la pulpa del fruto, sino también por sus coproductos, como cáscara, hojas y biomasa (Borges *et al.*, 2006). Considerando que Brasil es el cuarto productor de banano del planeta, detrás de India, China e Indonesia (IBGE, 2023), el uso de alimentos alternativos como las hojas de plátano para conejos tiene la ventaja de ser más económicos que los alimentos fibrosos convencionales, como heno de pasto, cáscaras de soya o salvado de trigo.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad, composición química y estabilidad oxidativa de la carne de conejos Nueva Zelanda Blanco alimentados con diferentes niveles de hoja de plátano deshidratada.

## Material y métodos

El experimento fue realizado en el Sector Cunicola de la Universidad Estadual de Maringá - UEM. La hoja de plátano deshidratada se obtuvo deshidratando al sol hojas frescas de 20 árboles de plátano jóvenes (de 1 a 3 años). Se utilizaron cuarenta conejos Nueva Zelanda Blanco, 20 machos y 20 hembras, de 35 días de edad. La dieta basal (DB) se formuló con maíz, salvado de soya, heno de alfalfa, salvado de trigo, aminoácidos, minerales y vitaminas, de acuerdo a los requerimientos para conejos en crecimiento. Después de mezclar los ingredientes, los alimentos experimentales se peletizaron en seco, el suministro de agua y alimento fue *ad libitum*.

El diseño experimental fue completamente al azar, con diez repeticiones por tratamiento y un conejo por unidad experimental. Los tratamientos fueron DB + tres dietas prueba (DP), compuestas por niveles de inclusión de hoja de plátano deshidratada (HPD; 3,33; 6,67 y 10,00%). Al final del experimento (85 días), los animales fueron sacrificados mediante aturdimiento eléctrico y posterior sangrado.

Se procedió a evaluar la calidad del músculo del lomo (*longissimus lumborum*), iniciando por el pH el cuál se midió 45 min después del sacrificio (pH45) y en la canal refrigerada, mantenida en cámara frigorífica (1-2°C) durante 24h (pH24). El color del músculo *longissimus lumborum* se midió 24 horas después del sacrificio, utilizando mediciones de luminosidad de Minolta (L\*, a\* y b\*). Para la evaluación cualitativa de la canal, 24 horas después del sacrificio, se tomaron muestras (1,5 cm de espesor) del músculo del lomo (*longissimus lumborum*), para posterior medición de la pérdida de agua por enfriamiento, descongelación y cocción.

Las muestras de *longissimus lumborum* cocidas se utilizaron para medir la fuerza de cizallamiento. De cada muestra se tomaron seis submuestras de forma cilíndrica (diámetro 1,27 cm), de forma longitudinal, en dirección a las fibras musculares, según recomendaciones de Ramos y Gomide (2007). Los análisis se realizaron en un texturómetro Stable Micro System TA-XT2i, acoplado a la sonda Warner-Bratzler Shear Force y al software Texture Expert Exponent - Stable Micro Systems.

Para determinar la composición química se utilizó la mitad derecha de cada canal, las medias canales fueron congeladas y posteriormente descongeladas, molidas, homogeneizadas y deshidratadas. Se realizaron análisis de materia seca, materia mineral, grasa y proteína cruda y se determinó la energía bruta mediante bomba calórica.

A las 0, 24, 48 y 72 horas después del sacrificio, se colectaron muestras de carne (muslo y contramuslo) y se realizó extracción de lípidos, las extracciones se almacenaron inmediatamente en un congelador (-18°C) hasta su análisis.

La estabilidad oxidativa se determinó midiendo la producción de malonaldehído, mediante análisis TBAR, para ello se trituraron aproximadamente 5 g de carne con 10 ml de solución de ácido tricloroacético para extraer la proteína. El material fue centrifugado (4000 rpm; 4°C durante 15 min) y el sobrenadante se recogió, se filtró y se mezcló con la solución de ácido tiobarbitúrico. Después de la homogeneización y el enfriamiento, la lectura se tomó en un espectrofotómetro a 532 nm.

Para los análisis de capacidad antioxidante, se trituró una muestra de 5 g de carne con 15 mL de metanol, se homogeneizó y filtró. El análisis se realizó mediante el método DPPH y la capacidad antioxidante total, mediante el método ABTS.

El análisis de varianza (ANOVA) se realizó utilizando el procedimiento "Modelos lineales generales" (GLM) del software estadístico "Statistical Analysis System" (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EE. UU.), para los niveles de inclusión de la hoja de plátano en las dietas, los grados de libertad se dividieron en polinomios ortogonales, para obtener las ecuaciones de regresión, según el mejor ajuste. Para todos los análisis, se adoptó un nivel de significancia (P) de 0,05.

## Resultados y discusión

Se observó aumento lineal en el pH a los 45 min (P= 0,017) y a las 24 h (P= 0,003) debido a los niveles crecientes de HPD en la dieta, como se observa en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Calidad de la carne de conejos alimentados con dietas que contienen niveles crecientes de hoja de plátano deshidratada (HPD).

Variables	Niveles de HPD (%)				EPM <sup>1</sup>	P-valor
	0,00	3,33	6,67	10,00		
pH 45min <sup>2</sup>	6,87	6,97	7,01	7,00	0,03	<b>0,027</b>
pH 24h <sup>3</sup>	5,63	5,83	6,04	6,21	0,13	<b>0,016</b>
Minolta L*	57,30	55,56	57,48	57,73	0,49	<b>0,193</b>
Minolta a*	12,46	13,43	12,33	12,36	0,26	<b>0,488</b>
Minolta b*	5,26	5,87	5,90	5,72	0,15	<b>0,515</b>
Pérdida de agua enfriamiento (%)	0,88	0,67	0,62	0,92	0,08	<b>0,225</b>
Pérdida de agua descongelación (%)	1,50	1,16	1,39	1,44	0,07	<b>0,460</b>
Pérdida de agua cocción (%)	33,70	36,20	35,39	38,41	1,80	<b>0,259</b>
Fuerza de cizallamiento (N)	17,36	16,15	17,64	18,05	1,41	<b>0,206</b>

<sup>1</sup> Error estándar medio.

<sup>2</sup> Efecto Lineal (P=0,017):  $Y = 6,897 + 0,013x$  ( $r^2=0,75$ ).

<sup>3</sup> Efecto Lineal (P=0,003):  $Y = 5,631 + 0,059x$  ( $r^2=0,89$ ).

El aumento en el pH a los 45 min y a las 24 h puede estar relacionado con la menor generación de lactato en el interior de las células musculares, como respuesta a la glucólisis en condiciones de ausencia de oxígeno (post-mortem). Este efecto, puede haber sido resultado de un mayor aporte de compuestos bioactivos presentes en los alimentos evaluados, como lo son los compuestos fenólicos presentes en los coproductos del plátano, incluido el tanino, que tienen características antioxidantes notables (Melo, 2011), que pueden mitigar los efectos del estrés previo al sacrificio en la calidad de la carne y la marcada reducción del pH después del sacrificio, como se observa en el presente estudio.

Los resultados de la composición aproximada de las canales de conejos alimentados con dietas que contienen niveles crecientes de HPD se observan en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Composición aproximada de las canales de conejos alimentados con dietas que contienen niveles crecientes de hoja de plátano deshidratada (HPD).

Variables	Niveles de HPD (%)				EPM <sup>1</sup>	P-valor
	0,00	3,33	6,67	10,00		
Materia seca (%)	23,13	23,72	24,18	23,79	0,46	0,5640
Materia mineral (%)	11,56	11,60	11,57	11,47	0,17	0,8492
Grasa (%) <sup>2</sup>	19,33	20,07	22,48	25,80	0,62	<0,001
Proteína cruda (%) <sup>3</sup>	70,49	68,62	68,32	65,04	0,63	<0,001
Relación grasa:proteína <sup>4</sup>	0,27	0,29	0,33	0,40	0,99	<0,001
Energía bruta (kcal/kg)	5711	5701	5706	5711	46	0,9873

<sup>1</sup> Error estándar medio.

<sup>2</sup> Efecto Lineal (P=0,081): Y= 18,648 + 0,655x (r<sup>2</sup>=0,93).

<sup>3</sup> Efecto Lineal (P=0,033): Y= 70,615 - 0,499x (r<sup>2</sup>=0,90).

<sup>4</sup> Efecto Lineal (P=0,005); Y= 0,262 + 0,012x (r<sup>2</sup>= 0,93).

Se observó aumento lineal (P= 0,081) en la grasa depositada en la canal y reducción lineal (P = 0,033) de la proteína cruda, lo que resultó en un aumento lineal en la relación grasa:proteína (P= 0,005) en función del aumento de los niveles de HPD en las dietas. El resultado observado puede explicarse por el aumento progresivo en la cantidad de HPD, que es un alimento forrajero con alto contenido de celulosa, cuya fermentación cecal resulta en un alto contenido de acetato, principal ácido graso volátil relacionado con la lipogénesis y la diferenciación de adipocitos (Fu *et al.*, 2018).

No se observó interacción (P>0.05) entre los días de evaluación y los niveles de HPD para ninguna variable. Por otro lado, los niveles de HPD aumentaron (P< 0,001) la captura de radicales DPPH y ABTS, y detuvieron la generación de TBARS en la carne, indicando una mejora en la defensa antioxidante, mientras que los días de evaluación redujeron (P< 0,001) la captura de DPPH y ABTS y aumentaron la generación de TBARS, lo que indica una oxidación progresiva dependiendo del tiempo de almacenamiento de la carne (**Tabla 3**).

La mejora en el perfil antioxidante de la carne está directamente relacionada con el contenido de compuestos bioactivos presentes en el alimento. Los compuestos fenólicos presentes en los coproductos del banano, cuando se exponen a un sustrato oxidable, incluso en pequeñas concentraciones, pueden retrasar o inhibir la oxidación de estos (Sundaram *et al.*, 2011). Incluso en condiciones de almacenamiento refrigerado por hasta 3 días, la calidad de la carne de conejos que consumieron dietas con hasta 10% de HPD mostró alta calidad relacionada con la preservación de su oxidación lipídica, lo que indica que el alimento evaluado puede representar una herramienta nutricional que agrega valor a la carne.

**Tabla 3.** Efecto del aumento de niveles de hoja de plátano deshidratada (HPD) en la dieta de conejos sobre la generación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS - mg MDA Eq/kg), porcentaje de captura (%) del radical 2,2-difenil-1 - picrilhidrazilo (DPPH) y el radical 2,2-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS) en carne de muslo y muslo, en diferentes periodos de almacenamiento (4°C).

HPD (%)	Período (h)	TBARS		DPPH		ABTS	
		HPD	Período	HPD	Período	HPD	Período
0,00	0	13,89	7,95	31,88	45,32	52,91	62,79
3,33	24	11,58	10,07	36,88	41,30	58,06	61,59
6,67	48	10,13	11,89	41,49	37,43	63,88	60,66
10,00	72	8,68	14,39	48,11	34,32	58,36	58,36
EPM <sup>1</sup>	0,39	0,32	0,75	1,04		0,52	1,07
P-valor	<0,0012	<0,0013	<0,0014	<0,0015		<0,0016	<0,0017

1- Error estándar medio.

2- Efecto Lineal: Y= 13,63 - 0,51X (r<sup>2</sup>=0,98).

3- Efecto Lineal: Y= 7,90 + 0,09X (r<sup>2</sup>=0,99).

4- Efecto Lineal: Y= 31,59 + 1,60X (r<sup>2</sup>=0,99).

5- Efecto Lineal: Y= 45,12 - 0,15X (r<sup>2</sup>=0,98).

6- Efecto Lineal: Y= 52,94 + 1,58X (r<sup>2</sup>=0,99).

7- Efecto Lineal: Y= 62,98 - 0,06X (r<sup>2</sup>=0,96).

En conclusión, niveles de hasta 10% de hoja de plátano deshidratada en la dieta aumentan el porcentaje de grasa en la carne de conejos Nueva Zelanda Blanco, pero frenan la caída brusca del pH de la carne a los 45 minutos y 24 horas después del sacrificio, y mejoran la capacidad antioxidante, favoreciendo la vida útil.

**Bibliografía**

---

- Borges, A. L., Oliveira, A. M. G., Ritzinger, C. H. S. P., Almeida, C. O., Coelho, E. F., Santos-Serejo, J. A., Souza, L. S., Lima, M. B., Fancelli, M., Folegatti, M. I. S., Filho, P. E. M., Silva, S. O., Medina, V. M., & Cordeiro, Z, J. M. (2006). *A cultura da banana*. 3.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 110p. (Coleção Plantar, 56).
- Falcone DB, Klingner ACK, Toledo GSP, Silva LP. 2020. Performance, meat characteristics and economic viability of rabbits fed diets containing banana peel. *Trop Anim Health and Prod* 52:681-685.
- Fu C, Liu L, Li F. 2018. Acetate alters the process of lipid metabolism in rabbits. *Animal* 12:1895-1902.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística. 2023. *Producción de Banano en Brasil*. Disponible en < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br> > Consultado el 5 de enero de 2024.
- Machado LC, Ferreira WM. 2014. *Organização e estratégias da cunicultura brasileira – A busca por soluções*. En: V Congreso Americano de Cunicultura. Toluca, México, pp. 53-81.
- Melo WO. 2011. *Utilização de subprodutos agroindustriais na alimentação de coelhos*. *Rev Elet Nutritime* 8:1391-1400.
- Ramos EM, Gomide LAM. 2007. *Avaliação da qualidade de carnes: fundamento e metodologias*. UFV, Brazil, 599p.
- SAS Institute. 2010. *SAS/STAT® User's Guide (Release 9.2)*. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Sundaram S, Anjum S, Dwivedi P, Rai GK. 2011. Antioxidant activity and protective effect of banana peel against oxidative hemolysis of human erythrocyte at different stages of ripening. *Appl Biochem Biotech* 164:1192-1206.

# Influencia del tipo de ácido orgánico y vía de administración sobre el rendimiento productivo y la salud de conejos post-destete

*Influence of the type of organic acid and administration route on the productive performance and health of post-weaning rabbits*

**Ramón-Moragues A<sup>1\*</sup>, Franch J<sup>1</sup>, Martínez-Paredes E<sup>1</sup>, Peixoto-Gonçalves C<sup>1,2</sup>, Ródenas L<sup>1</sup>, López MC<sup>1</sup>, Marín-García PJ<sup>2</sup>, Blas E<sup>1</sup>, Pascual JJ<sup>1</sup>, Cambra-López M<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de Valencia, 46022, Valencia, España.

<sup>2</sup>Department of Animal Production and Health, Veterinary Public Health and Food Science and Technology (PASAPTA), Facultad de Veterinaria, Universidad Cardenal Herrera-CEU, 46115 Valencia, España.

\*adramo@upv.es

## Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del tipo de ácido orgánico (AO) y la vía de administración (agua vs. pienso) sobre los rendimientos productivos, la mortalidad y la modulación del ambiente gastrointestinal en gazapos post-destete. Para ello se utilizaron siete tratamientos experimentales, en los que se testaron tres ácidos orgánicos (fórmico, acético y cítrico) administrados a través del agua de bebida y del pienso; además de un control negativo, sin adición de AO. El estudio se realizó con 1624 conejos destetados divididos en 4 tandas, con una duración de 29 días por tanda. En cada tanda, los animales se distribuyeron en los siete tratamientos experimentales tanto en jaulas individuales (64 réplicas por tratamiento) como colectivas (28 réplicas por tratamiento con 6 animales/réplica). Todos los animales fueron alimentados *ad libitum* con un pienso comercial durante la prueba. Los tratamientos con AO en el agua de bebida se dosificaron para alcanzar un pH=4. La concentración de AO en los tratamientos vía pienso se calculó para igualar la cantidad de AO ingerida a través del agua. Diariamente, se determinó la mortalidad en todos los animales. A los 43 y 57 días de vida, en cada tanda, se pesaron individualmente todos los animales y se registró el consumo de pienso. Esos días se sacrificaron 6 animales por tratamiento, día y tanda, y se midió el pH a lo largo del tracto gastrointestinal (*fundus*, *antrum*, duodeno, yeyuno, íleon y ciego). Los resultados indican que la inclusión de AO en el agua mejoró los rendimientos productivos durante el primer periodo de crecimiento (29 a 43 días) y el periodo global, respecto a la adición en pienso. La adición de cualquiera de los AO testados administrados a través del agua podría ser adecuada para su aplicación en cunicultura, dado que mejoraron el peso vivo, la ganancia de peso, y el consumo medio diario (ácido fórmico), la ganancia media diaria y el índice de conversión (ácido cítrico) y el índice de conversión (ácido acético) globalmente, respecto al grupo control. La adición de AO no modificó el pH a lo largo del tracto gastrointestinal en comparación con el grupo control. Es necesario realizar más investigaciones para evaluar su efecto sobre la mortalidad.

**Palabras clave:** conejos de cebo, aditivos, ácidos orgánicos, salud digestiva, destete.

## Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of the type of organic acid (OA) and the route of administration (water vs. feed) on performance, mortality and modulation of the gastrointestinal environment in post-weaning gilts. Seven experimental treatments were used, in which three organic acids (formic, acetic and citric) administered via drinking water and feed were tested, as well as a negative control, without the addition of OA. The study was conducted with 1624 weaned rabbits divided into 4 batches, with a duration of 29 days per batch. In each batch, the animals were distributed in the seven experimental treatments in both individual cages (64 replicates per treatment) and group cages (28 replicates per treatment with 6 animals/replicate). All animals were fed *ad libitum* with a commercial feed during the test. The AO treatments in the drinking water were dosed to reach pH=4. The concentration of AO in the feed treatments was calculated to

equal the amount of AO ingested via the water. Mortality was determined daily in all animals. At 43 and 57 days of age, in each batch, all animals were individually weighed and feed consumption was recorded. On these days, 6 animals per treatment, day and batch were sacrificed and pH was measured along the gastrointestinal tract (fundus, antrum, duodenum, jejunum, ileum and cecum). The results indicate that the inclusion of OCs in the water improved the productive performances during the first growth period (29 to 43 days) and the overall period, with respect to the addition of OCs in feed. The addition of any of the tested OCs administered via water could be suitable for application in rabbit farming, since they improved liveweight, weight gain, and average daily feed intake (formic acid), average daily gain and feed conversion ratio (citric acid) and feed conversion ratio (acetic acid) overall, with respect to the control group. The addition of AO did not change the pH along the gastrointestinal tract compared to the control group. Further research is needed to evaluate its effect on mortality.

**Keywords:** fattening rabbits, additives, organic acids, route of administration, weaning.

## Introducción

Tras el destete, los gazapos presentan un sistema digestivo inmaduro (Zhu *et al.*, 2014) y una microbiota inestable (Combes *et al.*, 2011). Por ello, es necesario evaluar estrategias que contribuyan a modular el ambiente gastrointestinal de los gazapos, reforzando la barrera ácida gástrica frente a patógenos, y ayuden a disminuir la incidencia de trastornos digestivos post-destete. Los ácidos orgánicos (AO) presentan propiedades antimicrobianas, reduciendo el pH de la matriz a la que se incorporan, donde limitan el crecimiento de microorganismos. Además, las moléculas de AO sin disociar atraviesan la pared celular de las bacterias, liberando H<sup>+</sup> y reduciendo el pH citoplasmático, con efectos nocivos para la bacteria (Diebold y Eidelsburguer, 2006). Los estudios que han evaluado el uso de AO en cunicultura se han basado normalmente en mezclas multi-ácidos comerciales y muestran resultados contradictorios *in vivo* (Cesari *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 2014). Esto puede deberse a que la capacidad de acidificación y el potencial antimicrobiano de los AO viene marcado por su constante de disociación (pKa), la concentración del ácido, su peso molecular, el número de grupos carboxilo que contenga, su forma de administración, la dieta utilizada y otras variables relacionadas con el animal.

En este contexto, Ramón-Moragues *et al.* (2023), en un estudio de cribado previo, evaluó seis AO a tres pH en dietas de gazapos post-destete, y determinó que los AO con mayor potencial para su uso en cunicultura fueron el ácido fórmico, acético y cítrico a pH 4. Estos AO se seleccionaron en base a su potencial para reducir el pH gástrico y promover la actividad de la pepsina, así como reducir el pH gastrointestinal distal (íleon y ciego). Continuando con esta línea de investigación, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de AO (fórmico, acético, y cítrico) y de la vía de administración (agua vs. pienso) sobre los rendimientos productivos, la mortalidad y la modulación del ambiente gastrointestinal durante un cebo completo de conejos.

## Material y métodos

La prueba se desarrolló en la granja experimental de la Unidad de Nutrición Animal de la Universitat Politècnica de València (UPV). El procedimiento experimental fue autorizado por el Comité de ética en investigación de la UPV y la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural con el código 2022 VSC PEA 0111.

Se testaron tres AO (fórmico, acético y cítrico) administrados a través del agua de bebida y del pienso. En el caso de los tratamientos en agua, los AO se dosificaron para alcanzar un pH igual a 4 en el agua de bebida. La concentración de AO en los tratamientos vía pienso se calculó para igualar la cantidad de AO ingerida a través del agua. Para ello se utilizó una relación entre el consumo de agua:consumo de pienso de 2,73, según datos previos registrados por Ramón-Moragues *et al.* (2023). Además, se incluyó un control negativo, sin adición de AO. Consecuentemente, se evaluaron siete tratamientos experimentales: control negativo (CON), P-FOR (ác. fórmico en pienso), P-ACET (ác. acético en pienso), P-CIT (ác. cítrico en pienso), A-FOR (ác. fórmico en agua), A-ACET (ác. acético en agua) y A-CIT (ác. cítrico en agua).

Todos los animales recibieron el mismo pienso comercial *ad libitum* suministrado por NANTA durante la prueba (composición en materia seca: 18,4% fibra bruta, 15,8% proteína bruta, 4,8% almidón, 3,1% extracto etéreo, 9,0% cenizas). Además, en los tratamientos P-FOR, P-ACET y P-CIT, el pienso contenía 0,06% de for-

miato sódico (AlbioFerm, pureza 97%), 0,23% de ácido acético (BioChemica, pureza 100%) y 0,12% de ácido cítrico (Sigma Aldrich, pureza 99%). En agua se utilizaron los mismos AO, excepto el formiato sódico que se substituyó por ácido fórmico (Sigma Aldrich, pureza <95%) en A-FOR.

La prueba se dividió en cuatro tandas donde se emplearon un total de 1624 animales destetados a los 29 días de vida (línea genética LP de la UPV). La duración de cada tanda fue de 29 días, hasta el día 57 de vida. En cada tanda, se distribuyeron 294 animales en jaulas colectivas (50 x 80 x 32 cm) y a cada jaula se le asignó uno de los siete tratamientos; resultando en 7 jaulas/tratamiento y tanda con 6 animales por jaula. Además, en cada tanda se alojaron también 112 animales en jaulas individuales (44 x 52 x 32 cm); resultando en 16 animales/tratamiento y tanda sobre los que se registraron los rendimientos productivos. A los 43 y 57 días de vida, en cada tanda, se sacrificaron todos animales de una jaula colectiva de cada tratamiento (6 animales por tratamiento, día y tanda), para medir el pH a lo largo del tracto gastrointestinal (fundus, antrum, duodeno, yeyuno, íleon y ciego). Así mismo, los días 43 y 57 de vida, se registró el consumo de pienso y el peso vivo (PV) de los animales alojados en las jaulas individuales. Con ello, se calculó la ganancia media diaria (GMD), el consumo medio diario (CMD), y el índice de conversión (IC), por periodos. La mortalidad, registrada diariamente, se calculó por tratamiento sobre el total de animales utilizados. Las medidas de pH gástrico se realizaron directamente con un electrodo 2 PORE Steel T (XS Sensor). El pH en los tramos del intestino delgado y ciego se midió por separado en tubos eppendorf (5 mL) con un electrodo para microvolúmenes MICRO electrode (XS Sensor). Todos los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el paquete estadístico SAS System Software® SAS 9.3, para evaluar el efecto de los AO y la vía de administración sobre las variables estudiadas. La significancia se estableció en P-valor ≤ 0,05.

## Resultados y discusión

La **Tabla 1** muestra los rendimientos productivos en función del AO y la vía de administración. Los animales se destetaron con un PV medio de 620 g y alcanzaron un peso medio de 1538 g a los 57 días de vida. Aunque hubo diferencias puntuales en el PV entre algunos de los tratamientos con AO, no se observaron diferencias significativas en el PV de los animales que recibieron AO respecto a los animales CON a los 43 días. Sin embargo, a los 57 días de vida, el PV de los animales que recibieron A-FOR fue mayor (P=0,05) que el de los animales del tratamiento CON. Respecto al resto de variables productivas, la adición de A-FOR, A-ACET y A-CIT podría ser adecuada para su aplicación en cunicultura dado que mejoraron (P<0,05) la GMD y el CMD (A-FOR), el IC (A-ACET) y la GMD y el IC (A-CIT) globalmente, respecto al CON. El resto de los tratamientos con AO no presentaron diferencias significativas respecto al CON en los rendimientos productivos. Considerando la vía de administración (agua vs. pienso), los animales que recibieron AO a través del agua de bebida mostraron un mayor PV a los 43 días (+35 g; P=0,010) y a los 57 días de vida (+ 50 g; P=0,006) respecto a los que recibieron AO a través del pienso. Además, los animales que recibieron AO a través del agua de bebida mostraron mayores GMD (entre +1,7 y +2,3 g/d; P<0,05), CMD (entre +2,9 y +3,5 g/d; P<0,05) y mejores IC (entre -0,07 y -0,09; P<0,05) en el periodo de 29 a 43 días y globalmente, respecto a los que recibieron AO a través del pienso.

La **Tabla 2** muestra los valores de pH a lo largo del tracto gastrointestinal de los animales en función del AO y la vía de administración. Aunque hubo diferencias puntuales en el pH entre algunos de los tratamientos con AO, no se observaron diferencias significativas en el pH a lo largo del tracto gastrointestinal, entre los animales que recibieron AO respecto a los animales del grupo CON. En el caso de la vía de administración, el pH del fundus de los animales que recibieron los AO a través del agua de bebida fue mayor (P=0,005) respecto a los que recibieron AO a través del pienso. No hubo diferencias significativas debido a la vía de administración en el pH en el resto de los tramos del tracto gastrointestinal.

Tratamientos: CON (control), P-FOR (formiato en pienso), P-ACET (acético en pienso), P-CIT (cítrico en pienso), A-FOR (fórmico en agua), A-ACET (acético en agua), A-CIT (cítrico en agua). P<0,05 diferencias significativas. Letras diferentes en la misma línea significan diferencias individuales. EEM: error estándar de media. Pienso-Agua: contraste Pienso vs. Agua: \*= P<0,05.

En referencia a la mortalidad (datos no mostrados), ésta varió entre 8,19% y 16,81%. No se observaron diferencias significativas entre los animales que recibieron AO respecto a los animales del tratamiento CON, a excepción del grupo A-FOR que mostró una mortalidad mayor (9,5% vs. 16,8%; P=0,020) que el grupo CON.

**Tabla 1.** Peso vivo (PV; g), ganancia media diaria (GMD; g /día), consumo medio diario (CMD; g (ms) /día) e índice de conversión (IC) en función del tratamiento y vía de administración.

	CON	P-FOR	P-ACET	P-CIT	A-FOR	A-ACET	A-CIT	EEM	P-valor	Pienso-Agua
<b>PV</b>										
<b>29 d</b>	624,7 <sup>abc</sup>	603,6 <sup>a</sup>	638,1 <sup>c</sup>	618,4 <sup>abc</sup>	631,3 <sup>bc</sup>	610,8 <sup>ab</sup>	615,7 <sup>abc</sup>	9,3	0,093	0±7
<b>43 d</b>	1056 <sup>abc</sup>	1022 <sup>a</sup>	1055 <sup>abc</sup>	1026 <sup>ab</sup>	1081 <sup>c</sup>	1056 <sup>abc</sup>	1070 <sup>bc</sup>	17	0,116	-35±13*
<b>57 d</b>	1526 <sup>ab</sup>	1511 <sup>a</sup>	1517 <sup>ab</sup>	1516 <sup>ab</sup>	1586 <sup>c</sup>	1535 <sup>abc</sup>	1571 <sup>bc</sup>	23	0,099	-50±18*
<b>GMD</b>										
<b>29-43 d</b>	30,4 <sup>abc</sup>	29,6 <sup>abc</sup>	29,5 <sup>ab</sup>	28,7 <sup>a</sup>	31,6 <sup>bc</sup>	31,5 <sup>bc</sup>	31,7 <sup>c</sup>	0,8	0,032	-2,3±0,7*
<b>43-57 d</b>	33,2 <sup>ab</sup>	34,3 <sup>ab</sup>	32,6 <sup>a</sup>	34,6 <sup>ab</sup>	35,5 <sup>b</sup>	33,8 <sup>ab</sup>	35,0 <sup>ab</sup>	1,0	0,311	-1,0±0,8
<b>Global</b>	31,8 <sup>ab</sup>	31,9 <sup>abc</sup>	31,0 <sup>a</sup>	31,6 <sup>ab</sup>	33,6 <sup>d</sup>	32,7 <sup>bcd</sup>	33,3 <sup>cd</sup>	0,5	0,005	-1,7±0,4*
<b>CMD</b>										
<b>29-43 d</b>	70,5 <sup>abc</sup>	68,0 <sup>a</sup>	69,6 <sup>abc</sup>	68,6 <sup>ab</sup>	73,0 <sup>c</sup>	72,0 <sup>c</sup>	71,8 <sup>bc</sup>	1,31	0,039	-3,53±1,16*
<b>43-57 d</b>	104,9 <sup>a</sup>	106,7 <sup>ab</sup>	103,5 <sup>a</sup>	108,2 <sup>ab</sup>	110,4 <sup>b</sup>	105,7 <sup>ab</sup>	108,8 <sup>ab</sup>	2,1	0,196	-2,2±1,62
<b>Global</b>	87,7 <sup>ab</sup>	87,4 <sup>ab</sup>	86,6 <sup>a</sup>	88,4 <sup>abc</sup>	91,7 <sup>c</sup>	88,9 <sup>abc</sup>	90,3 <sup>bc</sup>	1,34	0,071	-2,85±1,04*
<b>IC</b>										
<b>29-43 d</b>	2,64 <sup>abc</sup>	2,59 <sup>ab</sup>	2,73 <sup>c</sup>	2,70 <sup>bc</sup>	2,63 <sup>abc</sup>	2,57 <sup>a</sup>	2,57 <sup>a</sup>	0,04	0,031	0,09±0,03*
<b>43-57 d</b>	3,62	3,48	3,61	3,52	3,48	3,50	3,49	0,07	0,518	0,05±0,05
<b>Global</b>	3,13 <sup>bc</sup>	3,04 <sup>a</sup>	3,17 <sup>c</sup>	3,11 <sup>abc</sup>	3,06 <sup>ab</sup>	3,03 <sup>a</sup>	3,03 <sup>a</sup>	0,03	0,006	0,07±0,03*

n: 64 animales por tratamiento. Periodos: de 29 a 43 días de vida; de 43 a 57 días de vida y el Global de todo el cebo (de 29 a 57 días de vida). Tratamientos: CON (control), P-FOR (formiato sódico en pienso), P-ACET (ác. acético en pienso), P-CIT (ác. cítrico en pienso), A-FOR (fórmico en agua), A-ACET (acético en agua), A-CIT (cítrico en agua). P≤0,05 diferencias significativas. Letras diferentes en la misma línea significan diferencias individuales. EEM: error estándar de la media. Pienso-Agua: contraste Pienso vs. Agua: \*= P≤0,05.

**Tabla 2.** Valor de pH a lo largo del tracto gastrointestinal en función del tratamiento, y la diferencia en la vía de administración.

	CON	P-FOR	P-ACET	P-CIT	A-FOR	A-ACET	A-CIT	EEM	P-valor	Pienso-Agua
Fundus	2,52 <sup>ab</sup>	2,49 <sup>ab</sup>	2,14 <sup>a</sup>	2,52 <sup>ab</sup>	2,84 <sup>b</sup>	2,65 <sup>b</sup>	2,72 <sup>b</sup>	0,16	0,060	-0,36±0,13*
Antrum	1,64	1,60	1,66	1,62	1,71	1,66	1,67	0,04	0,608	-0,05±0,03
Duodeno	7,02 <sup>ab</sup>	6,96 <sup>a</sup>	6,98 <sup>ab</sup>	6,97 <sup>ab</sup>	6,99 <sup>ab</sup>	7,03 <sup>ab</sup>	7,08 <sup>b</sup>	0,04	0,417	-0,07±0,03
Yeyuno	7,57	7,55	7,54	7,54	7,53	7,56	7,55	0,03	0,972	-0,002±0,02
Íleon	7,70 <sup>ab</sup>	7,72 <sup>ab</sup>	7,68 <sup>ab</sup>	7,75 <sup>b</sup>	7,65 <sup>a</sup>	7,72 <sup>ab</sup>	7,73 <sup>ab</sup>	0,04	0,479	0,02±0,02
Ciego	5,87	5,84	5,86	5,85	5,83	5,86	5,85	0,02	0,890	0,003±0,02

Tratamientos: CON (control), P-FOR (formiato en pienso), P-ACET (acético en pienso), P-CIT (cítrico en pienso), A-FOR (fórmico en agua), A-ACET (acético en agua), A-CIT (cítrico en agua). P<0,05 diferencias significativas. Letras diferentes en la misma línea significan diferencias individuales. EEM: error estándar de media. Pienso-Agua: contraste Pienso vs. Agua: \*= P<0,05.

Los estudios publicados donde se ha evaluado el efecto de AO en conejos de cebo son escasos y contradictorios. Zhu *et al.* (2014) observó mejoras en los rendimientos productivos y en la supervivencia con una mezcla comercial de AO en agua desde el destete hasta los 70 días de vida. Sin embargo, Chowdhury *et al.* (2022) no observaron ningún efecto al incluir ácido cítrico en pienso desde el destete hasta los 56 días de vida. En nuestro estudio, observamos mejoras en los rendimientos productivos durante el primer periodo de engorde y globalmente, administrando AO a través del agua respecto a través del pienso. Sin embargo, solo el A-FOR (para el PV, la GMD, y el CMD) y puntualmente para el A-ACET (para el IC) y el A-CIT (para el CMD e IC) mejoraron significativamente los rendimientos productivos respecto al CON, debido probablemente a una mejor digestión de los nutrientes del pienso (Tugnoli *et al.*, 2020). Con los resultados obtenidos, la administración de cualquiera de los tres AO testados a través del agua podría ser una opción adecuada para su aplicación en cunicultura. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para evaluar sus efectos sobre la mortalidad. Por otro lado, al igual que describió Ramón-Moragues *et al.* (2023), los AO muestran una capacidad de acidificación limitada en el tracto gastrointestinal proximal y distal, seguramente influenciada por su pKa.

En conclusión, la vía de administración de AO a través del agua de bebida mejoró los rendimientos productivos durante el primer periodo post-destete y globalmente, en comparación con el pienso. Cualquiera de los AO

testados administrados en agua (A-FOR, A-ACET y A-CIT) podrían ser la una opción adecuada para su aplicación en cunicultura, aunque éstos mostraron una capacidad limitada para modificar el pH del tracto gastrointestinal. Es necesario realizar más investigaciones para evaluar el efecto de los AO sobre la mortalidad.

## Agradecimientos

---

Al Proyecto SMART-RAB (AICO/2021/256; GVA) y al Programa Investigo (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - Financiado por la UE-NextGenerationEU).

## Bibliografía

---

- Cesari V, Toschi I, Pisoni AM, Grilli G, Cesari N. 2008. Effect of dietary acidification on growth performance and caecal characteristics in rabbits. *Nutrition and digestive physiology. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy.*
- Chowdhury R, Rahman MA, Al-Mamun M. 2022. Influence of dietary organic acid, probiotic and antioxidant on the growth performance and nutrient digestibility in growing rabbit. *Bangladesh Journal of Animal Science* 51(2): 55-61.
- Combes S, Michilland RJ, Monteils V, Cauquil L, Soulié V, Tran NU, Gidenne T, Fortun-Lamothe L. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol Ecol* 77:680-689.
- Diebold G, and Eidelsburger U. 2006. Acidification of diets as an alternative to antibiotic growth promoters. *Antimicrobial Growth Promoters: Where do we go from here*, 311-327.
- Ramón-Moragues A, Vaggi C, Franch J, Martínez-Paredes E, Peixoto-Gonçalves C, Ródenas L, López MC, Marín-García PJ, Blas E, Pascual JJ, Cambra-López M. 2023. Use of organic acids in post-weaning rabbit: Choice of acid and dose. *47 Symposium de cunicultura, León, España.*
- Tugnoli B, Giovagnoni G, Piva A, Grilli E. 2020. From acidifiers to intestinal health enhancers: How organic acids can improve growth efficiency of pigs. *Animals* 10, 134.
- Zhu KH, Xu XR, Sun DF, Tang JL, Zhang YK. 2014. Effects of drinking water acidification by organic acidifier on growth performance, digestive enzyme activity and caecal bacteria in growing rabbits. *Ani Feed Sci and Technology* 190:87-94.

# Potencial antimicrobiano *in vitro* de compuestos bioactivos sobre cepas bacterianas enteropatógenas del conejo

*In vitro* antimicrobial potential of bioactive compounds against enteropathogenic bacterial strains in rabbits

**Ramón-Moragues A<sup>1\*</sup>, Pascual JJ<sup>1</sup>, Cambra-López M<sup>1</sup>, Sanz-Tejero C<sup>2</sup>, Sánchez-Salom L<sup>3</sup>, Pérez-Esteve E<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de Valencia, 46022, Valencia, España. \*adramo@upv.es

<sup>2</sup>Exopol Pol. Río Gállego, D-14. 50840, San Mateo de Gállego, Zaragoza, España.

<sup>3</sup>Departamento de Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València, 46022, Valencia, España.

## Resumen

En este trabajo se evaluó el potencial antimicrobiano *in vitro* de un total de nueve compuestos *Enterococcus faecalis* antimicrobianos (cinco componentes de aceites esenciales - timol, eugenol, carvacrol, cinamaldehído y vainillina - y cuatro ácidos orgánicos - butírico, caprílico, cáprico y láurico) frente a seis cepas patógenas, con elevada prevalencia en conejos jóvenes con trastornos digestivos (*Escherichia coli* 0103, *E. coli* 0109, *E. coli* 026, *Clostridium perfringens*, *C. spiroforme* y *Bacteroides fragilis*). En primer lugar, se utilizó el método de antibiograma disco-placa para determinar la susceptibilidad antimicrobiana de las seis cepas frente a cada uno de los nueve compuestos. En segundo lugar, los compuestos bioactivos que presentaron mayor inhibición del crecimiento bacteriano se testaron por el método de microdilución en caldo para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) y bactericida (CMB). Los resultados mostraron un mayor efecto antimicrobiano de los compuestos de aceites esenciales en comparación a los ácidos orgánicos, frente a las cepas enteropatógenas de conejo. No obstante, las diferentes cepas presentaron susceptibilidades diferentes a los compuestos.

**Palabras clave:** antimicrobiano, concentración mínima inhibitoria, aceites esenciales, ácidos orgánicos, bacterias enteropatógenas, conejo.

## Abstract

In this work, the *in vitro* antimicrobial potential of a total of nine antimicrobial compounds (five essential oils - thymol, eugenol, carvacrol, cinnamaldehyde and vanillin - and four organic acids - butyric, caprylic, capric and lauric) was evaluated against six pathogenic strains, highly prevalent in young rabbits with digestive disorders (*Escherichia coli* 0103, *E. coli* 0109, *E. coli* 026, *Clostridium perfringens*, *C. spiroforme* and *Bacteroides fragilis*). First, the disc-plate antibiogram method was used in triplicate to determine the antimicrobial susceptibility of the six strains against each of the nine compounds. Secondly, the bioactive compounds with the highest inhibition of bacterial growth were tested in quadruplicate by the broth microdilution method to determine the minimum inhibitory concentration (MIC) and bactericidal concentration (MBC). The results showed a higher antimicrobial effect of essential oil compounds compared to organic acids against enteropathogenic rabbit strains. However, the different strains presented different susceptibilities to the compounds.

**Keywords:** antimicrobial, minimum inhibitory concentration, essential oils, organic acids, enteropathogenic bacteria, rabbit.

## Introducción

El uso de biomoléculas con actividad antimicrobiana puede contribuir a controlar el desarrollo de patógenos digestivos en conejos y reducir la necesidad de uso de antibióticos en la cunicultura moderna. Algunos compuestos presentes en los aceites esenciales (AE) de plantas (Oussalah et al., 2007) y distintos tipos de ácidos orgánicos (AO) (Diebold y Eidelsburguer, 2006) tienen actividad antimicrobiana demostrada. La capacidad antimicrobiana de los AE se ha atribuido a sus compuestos fenólicos y su naturaleza lipofílica (Burt, 2004).

Los AE son capaces de interactuar con las membranas celulares microbianas, provocando la alteración de éstas, favoreciendo la pérdida de iones y contenido citoplasmático, pudiendo producir la degradación celular (Burt, 2004). Por otro lado, los AO sin disociar son capaces de infundirse a través de la membrana bacteriana y disociarse en el interior de la célula, disminuyendo el pH citoplasmático, alterando el metabolismo de la bacteria y provocando su agotamiento y lisis (Diebold y Eidelsburguer, 2006). De este modo, AE y los AO pueden ser efectivos para el control de los trastornos digestivos causados por bacterias enteropatógenas en conejos post-destete.

Algunas cepas de las bacterias del género *Bacteroides*, así como de *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens* suelen estar involucradas en los trastornos digestivos del conejo, como en la enteropatía epizoótica del conejo (Bäuerl *et al.*, 2014). Marlier *et al.* (2006) aislaron elevadas concentraciones de *E. coli* y *C. perfringens* en conejos con enteropatía. Además, Solans *et al.* (2019) destacaron la prevalencia de *E. coli* enteropatógeno (portador del gen *eae*), *Clostridium spiriforme* y *Bacteroides fragilis* en conejos pre- y post-destete afectados con trastornos digestivos. Pese a que no se ha demostrado que sean la principal causa directa de dichos trastornos digestivos, su presencia en el ciego de los conejos agrava la incidencia.

Se sabe que los AO y AE, así como sus mezclas, tienen efectos antimicrobianos frente ciertos patógenos universales, tanto Gram negativos (*Escherichia coli*, *Salmonella* Entérica, *Campylobacter jejuni*...) y Gram positivos (*Enterococcus faecalis*, *Clostridium perfringens*, *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus suis*...) provenientes de cepas de colección (Cardinali *et al.*, 2008; Koyanda *et al.*, 2019; Oussalah *et al.*, 2007). No obstante, desconoce su efecto individual frente a las principales cepas bacterianas relacionadas con los trastornos digestivos en cunicultura.

Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar el potencial antimicrobiano *in vitro* de distintos compuestos bioactivos naturales derivados de AE y AO, sobre una selección de cepas enteropatógenas específicas del conejo.

## Material y métodos

Se seleccionaron seis cepas bacterianas enteropatógenas del conejo: tres cepas aerobias de *E. coli* (*E. coli* 0103, 0109 y 026); y tres cepas anaerobias: *C. perfringens*, *C. spiroforme* y *Bacteroides fragilis*. Las cepas seleccionadas fueron aisladas de gazapos y conejas adultas con presencia de trastornos digestivos y cedidas por la empresa Exopol S.L.U. Las cepas se mantuvieron y multiplicaron para los ensayos en medios específicos siguiendo las recomendaciones de la empresa. Contra ellas se testaron un total de nueve compuestos bioactivos con capacidad antimicrobiana demostrada: cinco componentes de AE de plantas (timol, eugenol, carvacrol, cinamaldehído y vainillina), además de cuatro AO (butírico, caprílico, cáprico y láurico), adquiridos en Sigma-Aldrich (Madrid, España).

El ensayo de potencial antimicrobiano *in vitro* se desarrolló en dos fases. Primero se evaluó la susceptibilidad antimicrobiana mediante un ensayo de antibiograma disco-placa, utilizando discos de 6 mm, siguiendo la metodología CLSI M100 (CLSI, 2023) a la concentración de 100 mg/mL. Cada análisis se realizó por triplicado. Las muestras se incubaron durante 24 h a 37°C. En segundo lugar, los compuestos más efectivos en la fase anterior fueron seleccionados para el ensayo de microdilución en caldo con el fin de determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) de cada antimicrobiano (Cantón *et al.*, 2000). En este caso, cada muestra fue testada por cuadruplicado, incubadas a 37°C durante 24 h para las bacterias aerobias y durante 48 h para las anaerobias. La incubación de los microorganismos anaerobios se realizó en el interior de jarras de anaerobiosis, conteniendo un sobre de Oxoid AnaeroGen. Todos los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Riesgo Biológico II del Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos (FoodUPV).

## Resultados y discusión

La **Tabla 1** recoge el halo de inhibición obtenido del ensayo de antibiograma disco-placa. En el caso de las bacterias aerobias (*E. coli*), todas las cepas mostraron inhibición del crecimiento con los AE timol, eugenol, carvacrol y cinamaldehído (halos entre 11,7 y 31,0 mm), exceptuando la vainillina. Por otra parte, de los AO usados, sólo el ácido caprílico y el butírico presentaron inhibición de las cepas de *E. coli*, con halos que variaron entre 8,7 y 19 mm. En el caso de las bacterias anaerobias, *C. perfringens* y *C. spiriforme* mostraron un comportamiento muy similar entre ellas, siendo sensibles a todos los AE y AO testados (excepto vainillina y

ácido láurico para *C. spiriforme*); destacando especialmente el cinamaldehído (con un halo entre 42,3 y 50,3 mm). Por último, el *B. fragilis* mostró un comportamiento diferente al resto de bacterias, siendo sensible al eugenol, cáprico y caprílico (17, 9,3 y 21,3 mm de halo, respectivamente). También se vio afectado por el timol y el cinamaldehído, pero debido a su crecimiento tenue en medio sólido, estos dos compuestos fueron testados en la segunda fase para corroborar su efecto antimicrobiano frente a *B. fragilis*.

**Tabla 1.** Halo de inhibición (mm; media  $\pm$  desviación estándar); incluye diámetro del disco (6 mm).

	<i>E. coli</i> 0103	<i>E. coli</i> 0109	<i>E. coli</i> 026	<i>C. perfringens</i>	<i>C. spiroforme</i>	<i>B. fragilis</i>
<b>Timol</b>	30,0 $\pm$ 0	27,0 $\pm$ 0	25,0 $\pm$ 0	21,3 $\pm$ 0,6	17,7 $\pm$ 0,6	*
<b>Eugenol</b>	11,7 $\pm$ 0,6	13,0 $\pm$ 1,0	14,7 $\pm$ 0,6	13,3 $\pm$ 1,2	9,3 $\pm$ 0,6	17,0 $\pm$ 0
<b>Carvacrol</b>	22,7 $\pm$ 2,1	26,0 $\pm$ 0	24,0 $\pm$ 0	18,0 $\pm$ 1,0	18,7 $\pm$ 0,6	0 $\pm$ 0
<b>Cinamaldehído</b>	31,0 $\pm$ 1,2	21,7 $\pm$ 0,6	25,7 $\pm$ 0,6	42,3 $\pm$ 2,5	50,3 $\pm$ 0,6	*
<b>Vainillina</b>	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	8,3 $\pm$ 0,6	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0
<b>Ácido butírico</b>	11,0 $\pm$ 0,6	19 $\pm$ 0,6	9,0 $\pm$ 1,4	10,0 $\pm$ 0	19,0 $\pm$ 1,0	0 $\pm$ 0
<b>Ácido caprílico</b>	8,7 $\pm$ 0,6	8,7 $\pm$ 0,6	10,0 $\pm$ 1,0	14,3 $\pm$ 1,2	13,7 $\pm$ 0,6	9,3 $\pm$ 0,6
<b>Ácido cáprico</b>	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	16,3 $\pm$ 0,6	14,3 $\pm$ 0,6	21,3 $\pm$ 1,2
<b>Ácido láurico</b>	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	15,0 $\pm$ 1,0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0

n= 3 réplicas, \*inhibición del crecimiento (crecimiento muy tenue), pero sin halo claro de inhibición.

En el ensayo de microdilución en caldo, se testaron los AE (timol y cinamaldehído) y AO (caprílico y butírico) que presentaron los mejores resultados anteriormente. Además, se incluyó el ácido cáprico para las bacterias anaerobias. La **Tabla 2** muestra la CMI y CMB para las bacterias aerobias (*E. coli*). Se observó que para los AE timol y cinamaldehído fue necesario una menor concentración para alcanzar las CMI (entre 0,25 y 0,5 mg/mL) y CMB (entre 0,5 y 1 mg/mL), en comparación al AO caprílico (igual a 4 mg/mL). El butírico no tuvo efecto bactericida sobre ninguna de las cepas de *E. coli*, puesto que la CMB fue superior a 5 mg/ml.

**Tabla 2.** Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) (mg/mL) tras 24 h de incubación de *E. coli* 0103, 0109 y 026.

	Timol		Cinamaldehído		Ácido caprílico		Ácido butírico	
	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB
<i>E. coli</i> 0103	0,50	0,50	0,50	1,0	4,0	4,0	3,0	>5
<i>E. coli</i> 0109	0,50	0,50	0,50	1,0	4,0	4,0	3,0	>5
<i>E. coli</i> 026	0,25	0,25	0,25	0,5	4,0	4,0	3,0	>5

n= 4 réplica

La **Tabla 3** muestra la CMI y CMB para las bacterias anaerobias. Para las bacterias del género *Clostridium*, fue necesario una menor concentración de los AE timol y cinamaldehído para alcanzar las CMI (entre 0,125 y 0,5 mg/mL) y CMB (entre 0,125 y 1 mg/mL) en comparación a los AO cáprico, caprílico y butírico, que mostraron CMI (entre 0,625 y 2,5 mg/mL) y CMB (entre 0,625 y 5 mg/mL) más altas. No se obtuvo efecto bactericida por parte de butírico para el *C. perfringens*. Para el *B. fragilis* fue necesario una elevada concentración del caprílico comparado con el resto de los compuestos testados para alcanzar la CMI (5 mg/mL), no obtuyéndose efecto bactericida por parte de este compuesto.

**Tabla 3.** Concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) tras 48 h de incubación de *C. perfringens*, *C. spiroforme* y *B. fragilis*.

	Timol		Cinamaldehído		Ácido caprílico		Ácido caprílico		Ácido butírico	
	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB	CMI	CMB	CMB	CMB
<i>C. perfringens</i>	0,50	1,00	0,25	0,25	1,25	1,25	2,50	5,00	2,50	>5
<i>C. spiroforme</i>	0,25	0,50	0,125	0,125	0,625	0,625	1,25	2,50	1,25	2,50
<i>B. fragilis</i>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,625	1,25	5,00	>5	ND	ND

n= 4 réplicas. ND: no disponible

La capacidad antimicrobiana de los AE varía en función de las propiedades intrínsecas de cada molécula

(Burt, 2004) y de las características de las bacterias sobre las que se usan, como por ejemplo el tipo de envoltura celular: Gram positivas vs. Gram negativas. Las bacterias grampositivas son más sensibles que las Gram negativas a los AE (Ait-Ouazzou et al., 2013). Nuestros resultados muestran una elevada sensibilidad de las bacterias Gram positivas usadas (*C. perfringens* y *C. spiroforme*) a los AE, al igual que Ait-Ouazzou et al. (2013). No obstante, los AE también presentaron buenos resultados frente a las cepas Gram negativas (*E. coli*). En el caso del timol y carvacrol podría deberse a que son capaces de romper la membrana externa, liberando la capa de lipopolisacáridos, para luego dañar la membrana interna en las bacterias Gram negativas (Hyltdgaard et al., 2012). Por otro lado, el cinamaldehído presentó buenos resultados frente a todas las cepas utilizadas. Su método de acción se centra en alterar la membrana celular, inhibir la ATPasa (Hyltdgaard et al. 2012) y las enzimas involucradas en la citocinesis (Kwon et al., 2003), por lo que se dificultaría la división celular en ambos tipos de bacterias. De manera parecida al cinamaldehído, el eugenol también presentó buenos resultados. Su actividad se basa en alterar la membrana celular, inhibir la actividad de distintas enzimas, como la ATPasa, generando un metabolismo celular alterado y causando la muerte bacteriana (Gill y Holley, 2006), explicando así su amplio rango de eficacia. De los AE, la vainillina fue el compuesto con menor actividad antimicrobiana, siendo solo efectiva frente al *C. perfringens* de manera moderada. El mecanismo de acción de la vainillina es similar al resto de AE: altera la permeabilidad de las membranas y su polarización, produciendo pérdidas de ATP, ácido nucleico y provocando la muerte celular (Chen et al., 2023). No obstante, la menor actividad antimicrobiana de la vainillina en comparación a la de otros AE ha sido reportada en otros estudios (Ruíz-Rico et al., 2017).

En el caso de los AO, su eficacia puede variar en función de la longitud de la cadena del ácido graso. Nuestros resultados muestran una actividad antimicrobiana nula por parte de los AO de mayor tamaño contra las *E. coli*, al contrario que los de menor peso molecular. Esto puede deberse a que el tamaño de ácido cáprico (C10:0) y láurico (C12:0) es demasiado grande para infundirse a través de las complejas membranas bacterianas de *E. coli* y ejercer sus funciones antimicrobianas. Para el *B. fragilis* tan solo se observó efecto inhibitorio por parte de los AO con 8 y 10 carbonos, haciendo pensar que su envoltura celular puede dificultar la entrada de moléculas de pequeño o gran tamaño. En el caso de los *Clostridium*, la aplicación de AO sí inhibió el crecimiento bacteriano (excepto ácido láurico para *C. spiroforme*). Esto puede deberse a una menor complejidad en la membrana celular de las Gram positivas. Por último, cabe destacar que, en general, fue necesaria una mayor concentración de los AO para alcanzar las CMI y CMB que de los AE utilizados en el ensayo de microdilución. Esto puede deberse a que la acción de los AO se basa en su molécula sin disociar (Diebold y Eidelsburguer, 2006) por lo que depende del pH ambiental, en cambio, los AE actúan directamente sobre las envolturas celulares (Ait-Ouazzou et al., 2013).

En conclusión, los AE mostraron un mayor potencial antimicrobiano y un mayor espectro de acción frente a las 6 cepas bacterianas enteropatógenas del conejo estudiadas. No obstante, es necesario seguir investigando sobre sus capacidades antimicrobianas *in vivo*, así como determinar el efecto que tienen técnicas de estabilización de estos compuestos como son la encapsulación y/o la inmovilización sobre CMI y CMB.

## Agradecimientos:

Al Proyecto SMART-RAB (AICO/2021/256; GVA) y al Programa Investigo (Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia - Financiado por la UE-NextGenerationEU). Se agradece a EXOPOL S.L.U. por la cesión de las cepas. L.S. agradece al programa Investigo por su contrato.

## Bibliografía

- Ait-Ouazzou A, Espina L, Gelaw TK, Lamo-Castellví S, Pagán R, García-Gonzalo D. 2013. New insights in mechanisms of bacterial inactivation by carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 114(1): 173-185.
- Bäuerl C, Collado MC, Zúñiga M, Blas E, Pérez Martínez G. 2014. Changes in cecal microbiota and mucosal gene expression revealed new aspects of epizootic rabbit enteropathy. *PLoS One*, 22;9(8):e105707.
- Burt S. 2004. Essential oils: Their antimicrobial properties and potential applications in food - A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94: 223-253.
- Cantón R, García JE, Gómez L, Martínez L, Rodríguez C, Vila J, García, JA. 2000. Procedimientos en microbiología clínica. Métodos Básicos Para el Estudio de la Sensibilidad a los Antimicrobianos en Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Editor Picazo J J.
- Cardinali R, Rebolgar PG, Dal Bosco A, Cagiola M, Moscati L, Forti K, Mazzone P, Scicutella N, Rutili D, Mug-

- nai C, Castellini, C. 2008. Effect of dietary supplementation of organic acids and essential oils on immune function and intestinal characteristics of experimentally infected rabbits. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, pp. 573-578.
- Chen P, Liu Y, Li C, Hua S, Sun C, Huang L. 2023. Antibacterial mechanism of vanillin against *Escherichia coli* O157:H7. *Heliyon* 19,9(9):e19280.
- Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). 2023. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 33rd ed. CLSI supplement M100 (Clinical and Laboratory Standards Institute, Ed.; 33rd ed.).
- Diebold G, Eidelsburger U. 2006. Acidification of diets as an alternative to antibiotic growth promoters. *Antimicrobial Growth Promoters: Where do we go from here*, 311-327.
- Gill AO, Holley, RA. 2006. Inhibition of membrane bound ATPases of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* by plant oil aromatics. *Int J Food Microbiol* 111: 170-174.
- Hyltdgaard M, Mygind T, Meyer RL. 2012. Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology* 3 :1-24.
- Kovanda L, Zhang W, Wei X, Luo J, Wu X, Atwill ER, Vaessen S, Li X, Liu Y. 2019. In Vitro Antimicrobial Activities of Organic Acids and Their Derivatives on Several Species of Gram-Negative and Gram-Positive Bacteria. *Molecule*, 24(20):3770.
- Kwon JA, Yu CB, Park HD. 2003. Bacteriocidal effects and inhibition of cell separation of cinnamic aldehyde on *Bacillus cereus*. *Lett Appl Microbiol* 37: 61-65.
- Marlier D, Dewrée R, Lassence C, Licois D, Mainil J, Coudert P, Meulemans L, Ducatelle R, Vindevogel H. 2006. Infectious agents associated with epizootic rabbit enteropathy: Isolation and attempts to reproduce the syndrome. *The Veterinary Journal* 172 (3):493-500.
- Oussalah M, Caillet S, Saucier L, Lacroix M. 2007. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*, *Food Control* 18(5): 414-420.
- Solans L, Arnal JL, Sanz C, Benito A, Chacón G, Alzuguren O, Fernández AB. 2019. Rabbit Enteropathies on Commercial Farms in the Iberian Peninsula: Etiological Agents Identified in 2018-2019. *Animals* 9(12):1142.
- Ruiz-Rico M, Pérez-Esteve E, Bernardos A, Sancenón F, Martínez-Máñez R, Marcos MD, Barat JM. 2017. Enhanced antimicrobial activity of essential oil components immobilized on silica particles. *Food Chemistry* 233: 228-236.

# GENÉTICA

---

**Relación entre el peso al nacimiento del gazapo y su supervivencia en los primeros días de edad**

Hadjad I, Pérez Abellaneda JF, García ML, Argente MJ

**Estimación de los parámetros genéticos del peso del conejo en el periodo de predestete**

Belabbas R, Ezzeroug R, Garcia ML, Feknous N, Taalaziza D, Argente MJ

**Estudio longitudinal del cambio de la microbiota intestinal con la edad y su relación con la longevidad**

Biada I, Santacreu MA, Blasco A, Pena RN, Ibáñez-Escriche N

**Estimas preliminares de la respuesta a la selección por eficiencia alimentaria en tres líneas de conejo de carne**

Sanchez JP, Pascual M, Orengo J, López-Bejar M, Piles M

**Creación de una línea seleccionada por eficiencia alimentaria. 2. Consumo residual, peso metabólico y energía de mantenimiento**

Blasco A, Hernández P, Argente MJ, García ML, Martínez Álvaro M

# Relación entre el peso al nacimiento del gazapo y su supervivencia en los primeros días de edad

*Relationship between the birth weight of the kit and its survival in the first days of age*

**Hadjad I, Pérez Abellaneda JF, García ML, Argente MJ\***

*Intituto CIAGRO, Universidad Miguel Hernández de Elche, Crta de Beniel km 3,2. 03312 Orihuela. España. \*mj.argente@umh.es*

## Resumen

La supervivencia del gazapo en las primeras horas de vida se ha relacionado con el peso del gazapo al nacimiento. El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de la línea, el estado fisiológico de la hembra, la estación de nacimiento, el sexo del gazapo, la ingestión de leche y el peso del gazapo al nacimiento sobre la supervivencia del gazapo al nacimiento y su primera semana de vida. Los gazapos muertos al parto pesaron un 28% menos que los que nacieron vivos (-13,7 g). En la primera semana de vida el gazapo incrementó su peso en un 55% respecto al nacimiento (48,9 g). Se observa un efecto relevante de la línea, del estado fisiológico de la hembra y del peso del gazapo al nacer sobre la supervivencia del gazapo en las primeras horas de vida, mientras que la línea, la ingestión de leche y el peso del gazapo al nacimiento son los factores que condicionan la supervivencia del gazapo en la primera semana de vida.

**Palabras claves:** estación, ingestión de leche, peso al nacimiento, sexo, supervivencia predestete.

## Abstract

The survival of kit in the first hours of life has been related to the weight of kit at birth. The objective of this study is to assess the effect of the line, the physiological status of doe, the season of birth, the sex, the milk intake and the weight of kit at birth on the survival of kit at birth and at first week of life. The kits that died at birth weighed 28% less than those that were born alive (-13.7 g). In the first week of life, the kits increased their weight by 55% compared to birth (48,9 g). A relevant effect of the line, the physiological state of doe and the weight of kit at birth on its survival in the first hours of life is reported, while the line, the milk intake and the weight of kit at birth are the factors that determine the survival of kit in the first week of life.

**Keywords:** season, milk intake, weight at birth, sex, preweaning survival

## Introducción

El peso del gazapo al nacimiento está directamente relacionado con su supervivencia y su crecimiento durante la lactación y, por lo tanto, es un carácter importante en cunicultura (Martínez-Paredes *et al.*, 2018; Agea *et al.*, 2019; Szendrő *et al.*, 2019; Belabbas *et al.*, 2023). También se ha observado un efecto del estado fisiológico de la madre (Rashwan y Marai, 2000; Rebollar *et al.*, 2009), la calidad del nido (Matics *et al.*, 2002; González-Redondo y Zamora-Lozano, 2008), la estación del parto (El-Ashram *et al.*, 2020), la ingesta de leche en las primeras horas de vida (Argente *et al.*, 1999; Agea *et al.*, 2019) y del sexo (Bolet *et al.*, 1996) sobre la supervivencia del gazapo. La mayor parte de las muertes tiene lugar en la primera semana de vida del gazapo (Kadi *et al.*, 2005; Belabbas *et al.*, 2024).

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de la línea, el estado fisiológico de la madre, la estación de nacimiento, la ingestión de leche, el sexo del gazapo y el peso del gazapo al nacimiento sobre la supervivencia del gazapo al nacimiento y su primera semana de vida.

## Material y métodos

**Material animal:** Se pesaron 756 gazapos procedentes de 68 conejas (23 hembras pertenecientes a una línea seleccionada para incrementar la variabilidad del tamaño de camada al nacimiento, 23 hembra per-

tenecientes a una línea seleccionada para reducir la variabilidad del tamaño de camada al nacimiento y 22 hembras perteneciente a una línea seleccionada por velocidad de crecimiento postdestete). Las hembras se montaron por primera vez a las 20 semanas de edad y a los 12 días después de cada parto. Las montas siempre eran entre animales de la misma línea. Si las hembras no aceptaban la monta, se volvían a montar una semana más tarde. Los gazapos fueron pesados individualmente y sexados al nacer. Además, se constató si el gazapo había mamado, mediante la presencia de una mancha de leche en el estómago (Argente et al., 1999). No se realizaron adopciones y, a los 7 días tras el parto, se volvieron a pesar individualmente los gazapos. La toma de datos tuvo lugar a lo largo del mes de diciembre de 2021 y del mes de agosto de 2022.

**Análisis estadístico:** Se realizó un análisis de regresión logística para analizar las relaciones entre el peso del gazapo al nacimiento con su supervivencia al nacimiento y a los 7 días de vida. El modelo incluyó los efectos de la línea (con 3 niveles), el estado fisiológico de la hembra (con 3 niveles: primíparas, multíparas lactantes y multíparas no lactantes), la estación de nacimiento (con dos niveles: invierno y verano), el sexo del gazapo (con dos niveles), la mancha de leche (con dos niveles: presencia y ausencia) y el peso del gazapo al nacimiento como covariable. Se utilizó el procedimiento LOGISTIC del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2022).

## Resultados y discusión

Se pesaron 756 gazapos al parto, de los cuales 676 nacieron vivos y 80 nacieron muertos; esto supone una mortalidad perinatal en la muestra estudiada del 12% (**Tabla 1**). Este valor es similar al 14,4% reportado por González-Redondo (2016), pero duplica al 5,2% encontrado por Pascual et al. (2014). De los 676 gazapos nacidos vivos al parto 584 llegaron vivos a los 7 días de edad, esto supone una mortalidad en la primera semana de vida del 13,6%, valor por debajo al de otros trabajos (Kadi et al., 2005; Belabbas et al., 2024). La mortalidad perinatal y semanal suele estar relacionada con eventos de canibalismo, aplastamiento por parte de la hembra, hipotermia por condiciones inadecuadas del nido o abandono del nido e inanición (González-Redondo y Zamora-Lozano, 2008; Pascual et al., 2014; González-Mariscal et al., 2016). Los gazapos nacidos muertos al parto pesaron un 28% menos que los gazapos nacidos vivos. El peso medio de los gazapos vivos al parto fue de 48,9 g, este resultado es similar al reportado por Jimoh y Ewuola (2017) en cuatro razas de conejos como la Fauve De Bourgogne (47,2 g), la Chinchilla (50,9 g), la British Spot (47,9 g) y New Zealand White (45,5 g). Con respecto al peso medio de los gazapos vivos a los 7 días, se observa un incremento del peso del 55% en comparación con el peso al nacer; este resultado es similar al encontrado en otros trabajos (Belabbas et al., 2024).

**Tabla 1.** Análisis descriptivos para el peso al nacimiento al nacimiento (PesoN), a los 7 días de vida (Peso7d) e incremento de peso del nacimiento a los 7 días de vida del gazapo (Incremento).

	N	Media	DE	CV	Mínimo	Máximo
Gazapos muertos al parto						
PesoN (g)	80	35,20	11,7	0,33	13	60
Gazapos vivos al parto						
PesoN (g)	676	48,9	11,8	0,24	15	97
Peso7d (g)	584	111,1	30,7	0,27	10	24
Incremento (g)	584	61,2	22,7	0,37	5	75

N: número de datos. DE: desviación estándar. CV: coeficiente de variación.

En el presente trabajo estudiamos el efecto de la línea, el estado fisiológico de la hembra, la estación de nacimiento, la ingestión de leche en las primeras horas de vida, el sexo y el peso del gazapo al nacimiento sobre su supervivencia tanto al parto como a la primera semana de vida. Para el efecto línea, la **tabla 2** muestra valores relevantes y positivos para los coeficientes  $\beta$  de la línea Low y de la línea de crecimiento y, por lo tanto, sus Odds Ratio fueron mayores a la unidad (2,48 y 3,42, respectivamente). Estos valores indican que los gazapos de estas líneas tienen 2,48 y 3,42 veces más de probabilidad de supervivencia al nacimiento que los de la línea High. A los 7 días de vida, solo los gazapos de las hembras de la línea Low tienen una mayor probabilidad de supervivencia en comparación con los de las líneas High y crecimiento. En trabajos anteriores se ha constatado que las hembras de la línea Low ofrecen un mayor cuidado materno y producen más leche en el periodo predestete que las de la línea High (Agea et al., 2019). Respecto al estado fisiológico de la hem-

bra, nacer en una hembra múltipara lactante disminuye significativamente la probabilidad de supervivencia del gazapo al parto en comparación con los de una hembra primípara o múltipara no lactante, pero no afecta a su probabilidad de supervivencia a los 7 días de vida (**Tabla 2**). Estos resultados sugieren que el solape gestación-lactación penaliza el desarrollo de la camada gestante y compromete el peso del gazapo al nacimiento y por tanto su supervivencia en las primeras horas de vida, pero este efecto no influye en los primeros 7 días de vida. Argente *et al.* (1999) encontraron resultados similares. Respecto a la estación, la probabilidad de supervivencia en las primeras horas o los primeros 7 días de vida es similar entre los gazapos nacidos en invierno y en verano. La ingestión leche en las primeras horas de vida, o lo que es equivalente a tener mancha de leche, aumenta significativamente la probabilidad de supervivencia a los 7 días de vida, resultado similar al encontrado por Agea *et al.* (2019) que observaron que la falta de mancha de leche al nacer incrementa la mortalidad en los gazapos a los 4 días de vida, independiente del peso al nacimiento. Finalmente, aunque el sexo no incide en la supervivencia del gazapo al nacer o a los 7 días de vida, en otros trabajos se ha observado una mayor mortalidad predestete en hembras (Martínez *et al.*, 2018).

Con respecto a la relación del peso del gazapo al nacer sobre su supervivencia, varios autores han reportado rangos de peso mínimo, por debajo de los cuales la probabilidad de supervivencia del gazapo disminuye. En este sentido, Coureaud *et al.* (2007) y Martínez-Paredes *et al.* (2018) observaron que los gazapos recién nacidos con pesos inferiores a 45 g no respondieron adecuadamente en el día 1 a las feromonas mamarias (lo que afectó a la ingesta de leche). Los resultados del presente estudio muestran también el efecto favorable del peso del gazapo al nacimiento sobre la probabilidad de supervivencia del gazapo, concretamente incrementar un gramo el peso del gazapo al nacimiento incrementa entre un 10% y un 15% la supervivencia del gazapo en los primeros días de vida.

**Tabla 2.** Análisis de regresión logística binaria múltiple para la supervivencia al nacer y a los 7 días de vida incluyendo el peso del gazapo al nacimiento como covariable.

		Nacimiento		7 días de vida	
		Coef.	OR	Coef.	OR
Línea	Low	0,91*	2,48	0,69*	1,99
	Crecimiento	1,23**	3,42	0,26	1,29
Estado fisiológico	Múltiparas lactantes	-1,87***	0,15	-0,26	0,77
	Múltiparas no lactantes	-0,37	0,69	-0,27	-0,76
Estación	Verano	-18,52	9,08e-09	0,47	1,54
Mancha	Si	20,03	5,01e+08	0,65*	1,92
Sexo	Macho	0,21	1,23	-0,08	0,92
Peso al nacimiento		53,38***	1,10	101,77***	1,15

Coef: Coeficiente de regresión ( $\beta$ ). OR: Odds ratio (Exp $\beta$ ). \*: P<0,05. \*\*: P<0,01. \*\*\*: P<0,001. Low: línea seleccionada para disminuir la variabilidad del número de gazapos nacidos al parto. Crecimiento: línea seleccionada por velocidad de crecimiento postdestete.

En conclusión, todo manejo encaminado a incrementar el peso del gazapo al nacimiento y la ingestión de leche en las primeras horas de vida aumentara la probabilidad de completar su lactación.

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MIC)- Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) "Una manera de hacer Europa" con el proyecto APID2021-123702OB-100.

## Bibliografía

- Agea I, García ML, Blasco A, Argente MJ. 2019. Litter survival differences between divergently selected lines for environmental sensitivity in rabbits. *Animals* 9 (9):603.
- Argente MJ, Santacreu AM, Climent A, Blasco A. 1999. Phenotypic and genetic parameters of birth weight and

- weaning weight of rabbits born from unilaterally ovariectomized and intact does. *Livest Prod Sci* 57, 159-167.
- Belabbas R, Ezzeroug R, García ML, Berbar A, Zitouni G, Talaziza D, Boudjella Z, Boudahdir N, Dis S, Argente MJ. 2023. Prenatal factors affecting the probability of survival between birth and weaning in rabbits. *World Rabbit Sci* 31, 11-20.
- Belabbas R, Ezzeroug R, García ML, Feknous N, Talaziza D, Argente MJ. 2024. Genetic and Phenotypic Parameters of Rabbit Individual Body Weight in the Prewaning Period. *Vet Sci* 11, 14.
- Bolet G, Esparbie J, Falieres J. 1996. Relations entre le nombre de foetus par corne uterine, la taille de portee à la naissance et la croissance pondérale des lapereaux. *Ann Zootech* 45, 185-200.
- Coureaud G, Fortun-Lamothe L, Langlois D, Schaal B. 2007. The reactivity of neonatal rabbits to the mammary pheromone as a probe for viability. *Animal: an international journal of animal bioscience* 1(7), 1026-1032.
- El-Ashram S, Aboelhadid SM, Abdel-Kafy EM, Hashem SA, Mahrous LN, Farghly EM, Kamel AA. 2020. Investigation of pre- and post-weaning mortalities in rabbits bred in Egypt, with reference to parasitic and bacterial causes. *Animals* 10, 537.
- González-Mariscal G, Caba M, Martínez-Gómez M, Bautista A, Hudson R. 2016. Mothers and offspring: The rabbit as a model system in the study of mammalian maternal behavior and sibling interactions. *Hormones and Behavior* 77, 30-41.
- González-Redondo P, Zamora-Lozano M. 2008. Neonatal cannibalism in cage-bred wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Arch Med Vet* 40(3), 281-287.
- González-Redondo P. 2016. Preliminary results on reproductive and growing performance of a breeding nucleus of Spanish Common Rabbit breed. En: *XLI Symposium de Cunicultura*, pp. 180-185.
- Jimoh AO, Ewuola OE. 2017. Milk yield and kit development of four breeds of rabbit in Ibadan, Nigeria. *J Anim Sci Techn* 59, 25-32.
- Kadi SA, Zerrouki N, Louchami Y, Dahmani F. 2005. Pre-weaning mortality in rabbits of local Algerian population. En: *4th International Conferences on Rabbit Production in Hot Climate, Sharm El-Sheikh, Egypt, 24-25 February*.
- Martínez-Paredes E, Rodenas L, Pascual JJ, Savietto D. 2018. Early development and reproductive lifespan of rabbit females: implications of growth rate, rearing diet and body condition at first mating. *Animal* 12, 2347-2355.
- Matics Zs, Szendrő Zs, Altbäcker V, Biróné Németh E, Radnai I, Káplár I, Gyovai M, Metzger Sz. 2002. Nest building of domestic rabbits. En: *14th Hungarian Conference on Rabbit Production, Kaposvár, Hungary 22 May*, pp 37-41.
- Pascual M., Blasco E., Gómez E.A. 2014. Cálculo de índices técnicos en explotaciones cunícolas. En: *XXXIX Symposium de Cunicultura de ASESCU. Tudela, 29 y 30 de mayo*, pp. 8-11.
- Rashwan AA, Marai L. 2000. Mortality in young rabbits: a review. *World Rabbit Sci* 8: 111-124.
- Rebollar P, Pérez-Cabal M, Pereda N, Lorenzo PL, Arias-Álvarez M, García-Rebollar P. 2009. Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livest Sci* 121, 227-233.
- SAS Institute. 2022. *SAS/STAT® User's Guide (Release 9.2)*. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Szendrő Z, Cullere M, Atkári T, DalleZote A. 2019. The birth weight of rabbits: Influencing factors and effect on behavioural, productive and reproductive traits: A review. *Livest Sci* 230, 1-10.

# Estimación de los parámetros genéticos del peso del conejo en el periodo de predestete

*Estimation of genetic parameters of rabbit weight in preweaning period*

**Belabbas R<sup>1,2\*</sup>, Ezzeroug R<sup>1</sup>, Garcia ML<sup>3</sup>, Feknous N<sup>1</sup>, Taalaziza D<sup>4</sup>, Argente MJ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratory of Biotechnologies related to Animal Reproduction, Institute of Veterinary Sciences, University Blida1, B.P 270, road of Soumaa, Blida, 09000, Algeria.

<sup>2</sup>Animal Health and Production Laboratory, National High School of Veterinary Medicine, Algiers 16004, Algeria.

<sup>3</sup>Instituto CIAGRO, Universidad Miguel Hernández de Elche, Ctra. Beniel km 3.2, 03312, Alicante, Spain.

<sup>4</sup>Technical Institute of Animal Breeding, Algiers, Algeria.

\*r.belabbas@ensv.dz

## Resumen

La mortalidad predestete se ha relacionado con el peso del gazapo, por lo que aumentar el peso del gazapo en los primeros días de vida puede ser un carácter de interés en los programas de mejora. Sin embargo, se necesita tener un mayor conocimiento de su determinación genética. En este estudio, se analizaron los pesos de 1696 gazapos de la línea sintética ITLEV2006 para estimar los parámetros genéticos y no genéticos del peso del gazapo al nacimiento, a los 5 días, a los 7 días, a los 14 días, a los 21 días, a los 28 días y a los 35 días de edad. Las estimas de la heredabilidad ( $h^2$ ) para el peso fueron entre bajas (0,11 al nacimiento, y moderadas (0,16, 0,17, 0,21, 0,21, 0,24 y 0,21 a los 5, 7, 14, 21, 28 y 35 días, respectivamente). El peso al nacimiento mostró una correlación genética elevada y positiva con el peso a los 5 días (+0,79) y a los 7 días de edad (+0,78), pero baja con el resto de medidas de peso (+0,41, +0,49, +0,54 y +0,54 con el peso a los 14, 21, 28 y 35 días, respectivamente). Los pesos a los 5 días y a los 7 días de edad mostraron correlaciones genéticas elevadas y positivas con el resto de medidas de peso ( $> +0,83$ ). Los valores del efecto de camada común ( $c^2$ ) fueron elevados y aumentaron con la edad del animal de 0,43 al nacimiento hasta 0,66 a los 35 días de edad. Los valores del efecto permanente materno ( $p^2$ ) fueron bajos en comparación con los del efecto de camada común ( $c^2$ ), variando entre 0,04 y 0,11. En conclusión, la selección por el peso del gazapo a los 5 o 7 días de edad tendría una mayor respuesta que la del peso al nacimiento e indirectamente aumentaría el peso del gazapo al destete y al nacimiento, lo que podría reducir las pérdidas predestete.

**Palabras claves:** conejo, heredabilidad, gazapo, peso corporal, predestete.

## Abstract

Preweaning mortality has been related to kit weight, therefore kit weight in the first days of life may be a trait of interest in breeding programmes. However, more knowledge of its genetic determination is needed. In this study, we analysed the weights of 1,696 kits from the synthetic line ITLEV2006 to estimate genetic and non-genetic parameters of kit weight at birth, 5 days, 7 days, 14 days, 21 days, 28 days and 35 days of age. The estimated values of heritability ( $h^2$ ) for individual weights ranged from low (0.11, 0.16 and 0.17 at birth, 5 and 7 days, respectively) to moderate (0.21, 0.21, 0.24 and 0.21 at 14, 21, 28 and 35 days, respectively). Birth weight showed a large and positive genetic correlation with weight at 5 days (+0.79) and 7 days of age (+0.78), but low with all other weight measures (+0.41, +0.49, +0.54 and +0.54 with weight at 14, 21, 28 and 35 days, respectively). Weight at 5 days and 7 days displayed large and positive genetic correlations with the rest of weight measurements ( $> +0.83$ ). Common litter effect values ( $c^2$ ) were high and increased with animal age from 0.43 at birth to 0.66 at 35 days of age. Maternal standing effect ( $p^2$ ) values were low compared to those of the common litter effect ( $c^2$ ), ranging from 0.04 to 0.11. In conclusion, selection by kit body weight at 5 or 7 days of age would have a greater response than that of birth weight and would indirectly increase the kit weight at weaning and at birth, as well as reduce preweaning losses.

**Keywords:** body weight, heritability, kits, rabbit, preweaning.

## Introducción

Varios estudios han encontrado que el peso al nacimiento del gazapo está directamente relacionado no sólo con su crecimiento predestete, sino también con su supervivencia peri y postnatal (Argente *et al.*, 1999; Agea *et al.*, 2019). Por lo tanto, para garantizar una buena viabilidad y crecimiento del gazapo, es importante que éste nazca con un peso adecuado. El peso del gazapo está influido por varios factores, como el genotipo, los efectos maternos y los efectos ambientales (ver revisión de Szendrő *et al.*, 2019). En conejos, la mayoría de los trabajos se han centrado en el estudio de la heredabilidad del peso del gazapo al destete y al sacrificio (Ilatsia *et al.*, 2008; Ezzeroug *et al.*, 2020). En general, la heredabilidad del peso al destete y sacrificio muestra valores bajos, inferiores a 0,15. Este valor es similar al del efecto permanente de la madre, definido como el cociente entre la varianza de los efectos de la hembra y la varianza total. Por otro lado, el efecto de la camada, definido como el cociente entre la varianza de los efectos de la camada y la varianza total, tiene un valor superior comparado con la heredabilidad (0,30) (García y Argente, 2020). Sin embargo, pocos estudios han analizado la heredabilidad del peso del conejo desde el nacimiento hasta el destete. El objetivo de este estudio fue estimar las heredabilidades y las correlaciones genéticas y fenotípicas del peso individual del gazapo al nacimiento, a los 5 días, 7 días, 14 días, 21 días, 28 días y 35 días de edad, además de evaluar los efectos permanentes de hembra y de camada común.

## Material y métodos

En este estudio se emplearon un total de 1696 animales pertenecientes a la línea sintética ITELV2006, cuyas características y programa de cría han sido descritos por Ezzeroug *et al.* (2020). Los conejos se mantuvieron bajo un fotoperiodo constante de luz/oscuridad (16L:8D). Las hembras (n=81) fueron montadas por primera vez a las 20 semanas de edad, y a los 12 días después de cada parto. El nido fue inspeccionado 24 horas después del parto y clasificado según su calidad siguiendo el criterio de Blumetto *et al.* (2010) como malo si no había pelo en el nido, intermedio si más del 50% del nido estaba cubierto de pelo, y excelente si sólo se observaba pelo. Se registró la ubicación de la camada al parto (dentro del nido o en la jaula) y la incidencia de canibalismo (presencia o ausencia). Los gazapos fueron identificados, sexados y pesados individualmente al nacer, y se volvieron a pesar el 5°, 7°, 14°, 21°, 28° y 35° día. No se realizaron adopciones y el destete tuvo lugar a los 35 días de edad.

Los parámetros genéticos del peso al nacimiento, a los 5, 7, 14, 21, 28 y 35 días de edad se estimaron utilizando un modelo mixto multicarácter que incluyó los efectos sistemáticos de orden de parto (con 3 niveles: 1°, 2° y 3° parto), estado fisiológico de la hembra a la monta (con 2 niveles: lactante o no lactante), estación de nacimiento (con 2 niveles: verano y otoño), calidad del nido (con 3 niveles: malo, intermedio y excelente), canibalismo (con 2 niveles: sí o no), lugar de nacimiento (con 2 niveles: nidal o jaula) y sexo (con 2 niveles: macho y hembra), y los efectos aleatorios de hembra (81 niveles), camada común (208 niveles) y valor genético aditivo del animal. Todos los análisis se realizaron utilizando metodología bayesiana. Se emplearon priors planos acotados para todos los efectos y varianzas. La inferencia estadística se realizó sobre las distribuciones marginales posteriores de los parámetros y componentes de varianza obtenidas mediante muestreo de Gibbs con el programa TM (Legarra *et al.*, 2023).

## Resultados y discusión

La heredabilidad del peso al nacimiento fue baja (0,11), lo que concuerda con el valor encontrado por Testik *et al.* (1998). Sin embargo, Varewyck *et al.* (1987) y Argente *et al.* (1999) encontraron valores más elevados (0,26 y 0,18, respectivamente). Al destete, la heredabilidad fue similar a la reportada por Argente *et al.* (1999). En este estudio, observamos un ligero aumento en los valores estimados de la heredabilidad desde el nacimiento hasta el destete (**Tabla 1**).

En relación a las correlaciones fenotípicas, a excepción de las del peso a los 35 días, todas fueron elevadas y positivas (**Tabla 1**). Respecto a las correlaciones genéticas, el peso al nacimiento mostró una elevada y positiva correlación con el peso del 5° y 7° día (+0,79 y +0,78, respectivamente), y una débil y positiva correlación con el resto de pesos (+0,41, +0,49, y +0,54 con el peso del 14°, 21°, 28° y 35° día, respectivamente). Mientras que los pesos del 5° y 7° día presentaron una correlación superior con el resto de mediciones (> +0,83). Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Ajayi *et al.* (2014). Una elevada y positiva correlación genética entre el peso del 5° y 7° día con el peso del 35° día sugiere que la mayoría de los genes

que influyen en el peso del gazapo en la primera semana de vida también lo hacen en edades más avanzadas como el destete, por lo que seleccionar por el peso a una edad temprana, como la primera semana de vida, conducirá a un aumento de peso en edades posteriores.

**Tabla 1.** Heredabilidades (diagonal), correlaciones genéticas (arriba de la diagonal) y correlaciones fenotípicas (debajo de la diagonal) para el peso individual del gazapo del nacimiento hasta el destete.

	<b>IBW0</b>	<b>IBW5</b>	<b>IBW7</b>	<b>IBW14</b>	<b>IBW21</b>	<b>IBW28</b>	<b>IBW35</b>
IBW0	<b>0,11</b> (0,09)	+0,79 (0,24)	+0,78 (0,26)	+0,41 (0,45)	+0,49 (0,43)	+0,54 (0,45)	+0,54 (0,49)
IBW5	+0,76 (0,06)	<b>0,16</b> (0,10)	+0,99 (0,01)	+0,87 (0,16)	+0,83 (0,16)	+0,91 (0,14)	+0,92 (0,11)
IBW7	+0,76 (0,10)	+0,83 (0,06)	<b>0,17</b> (0,10)	+0,94 (0,09)	+0,91 (0,11)	+0,93 (0,10)	+0,95 (0,10)
IBW14	+0,70 (0,15)	+0,75 (0,14)	+0,79 (0,14)	<b>0,21</b> (0,10)	+0,97 (0,03)	+0,96 (0,06)	+0,95 (0,08)
IBW21	+0,70 (0,18)	+0,74 (0,14)	+0,77 (0,14)	+0,77 (0,12)	<b>0,21</b> (0,10)	+0,98 (0,02)	+0,97 (0,04)
IBW28	+0,65 (0,23)	+0,63 (0,22)	+0,63 (0,22)	+0,59 (0,29)	+0,59 (0,37)	<b>0,24</b> (0,07)	+0,98 (0,02)
IBW35	+0,47 (0,24)	+0,38 (0,25)	+0,46 (0,27)	+0,34 (0,45)	+0,27 (0,47)	+0,54 (0,32)	<b>0,21</b> (0,09)

IBW0: peso individual al nacimiento. IBW5: peso individual a los 5 días. IBW7: peso individual a los 7 días. IBW14: peso individual a los 14 días. IBW21: peso individual a los 21 días. IBW28: peso individual a los 28 días. IBW35: peso individual a los 35 días (destete). Desviación estándar entre paréntesis.

Los valores estimados para el efecto de camada común ( $c^2$ ) fueron elevados e incrementaron con la edad del gazapo (de 0,43 a 0,66) (**Tabla 2**). Además, las correlaciones fueron elevadas y positivas entre las distintas mediciones. Argente *et al.* (1999) también encontraron un aumento en los valores estimados entre el nacimiento y el destete, oscilando entre 0,39 y 0,58 en gazapos nacidos de hembras intactas y entre 0,33 a 0,53 en gazapos nacidos de hembras ovariectomizadas unilateralmente. Las elevadas estimas obtenidas pueden explicarse por el hecho de que el efecto de camada común está fuertemente relacionado con el entorno, incluida la propia hembra, ya que los individuos de la misma camada son amamantados por la misma madre y criados en la misma jaula (Khalil *et al.*, 1986).

**Tabla 2.** Efecto de la camada común ( $c^2$ ) para el peso del gazapo (diagonal) y sus correlaciones desde el nacimiento hasta el destete.

	<b>IBW0</b>	<b>IBW5</b>	<b>IBW7</b>	<b>IBW14</b>	<b>IBW21</b>	<b>IBW28</b>	<b>IBW35</b>
IBW0	<b>0,43</b> (0,05)	+0,83 (0,03)	+0,79 (0,04)	+0,72 (0,05)	+0,67 (0,06)	+0,63 (0,07)	+0,54 (0,07)
IBW5		<b>0,46</b> (0,05)	+0,95 (0,01)	+0,84 (0,03)	+0,72 (0,15)	+0,75 (0,04)	+0,63 (0,06)
IBW7			<b>0,47</b> (0,07)	+0,91 (0,02)	+0,83 (0,03)	+0,78 (0,04)	+0,68 (0,05)
IBW14				<b>0,55</b> (0,06)	+0,96 (0,01)	+0,88 (0,02)	+0,77 (0,04)
IBW21					<b>0,55</b> (0,06)	+0,95 (0,01)	+0,84 (0,03)
IBW28						<b>0,63</b> (0,05)	+0,92 (0,01)
IBW35							<b>0,66</b> (0,05)

IBW0: peso individual al nacimiento. IBW5: peso individual a los 5 días. IBW7: peso individual a los 7 días. IBW14: peso individual a los 14 días. IBW21: peso individual a los 21 días. IBW28: peso individual a los 28 días. IBW35: peso individual a los 35 días (destete). Desviación estándar entre paréntesis.

Los valores estimados para el efecto permanente materno ( $p^2$ ) fueron menores que los estimados para el efecto de camada común ( $c^2$ ) (**Tabla 2**). Los valores más altos se observaron a los 14 y 21 días (0,11) y los más bajos al destete (0,04). Al igual que para el efecto de camada común, las correlaciones

fueron elevadas y positivas entre las distintas mediciones (de +0,80 a +0,98, **Tabla 3**). Las elevadas correlaciones encontradas entre los distintos momentos medidos indican la estabilidad del efecto ambiental materno sobre el peso de la camada durante todo el periodo de lactancia (Abou Khadiga et al., 2010).

**Tabla 3.** Efecto permanente de la hembra (p2) para el peso del gazapo (diagonal) y sus correlaciones desde el nacimiento hasta el destete.

	IBW0	IBW5	IBW7	IBW14	IBW21	IBW28	IBW35
IBW0	<b>0,09</b> (0,05)	+0,93 (0,12)	+0,86 (0,20)	+0,85 (0,28)	+0,81 (0,19)	+0,80 (0,15)	+0,80 (0,15)
IBW5		<b>0,06</b> (0,04)	+0,98 (0,04)	+0,93 (0,14)	+0,91 (0,17)	+0,91 (0,16)	+0,87 (0,28)
IBW7			<b>0,09</b> (0,06)	+0,97 (0,05)	+0,95 (0,09)	+0,95 (0,09)	+0,92 (0,17)
IBW14				<b>0,11</b> (0,06)	+0,98 (0,03)	+0,97 (0,05)	+0,92 (0,16)
IBW21					<b>0,11</b> (0,06)	+0,98 (0,03)	+0,95 (0,10)
IBW28						<b>0,06</b> (0,04)	+0,97 (0,06)
IBW35							<b>0,04</b> (0,03)

IBW0: peso individual al nacimiento. IBW5: peso individual a los 5 días. IBW7: peso individual a los 7 días. IBW14: peso individual a los 14 días. IBW21: peso individual a los 21 días. IBW28: peso individual a los 28 días. IBW35: peso individual a los 35 días (destete). Desviación estándar entre paréntesis.

En conclusión, la heredabilidad estimada para el peso del gazapo a los 5 y 7 días de edad fue mayor que la estimada para el peso al nacimiento. Además, estos caracteres mostraron una elevada y positiva correlación genética con el peso al nacimiento y con el peso a los 35 días de edad. La selección por el peso del gazapo a los 5 o 7 días de edad tendría una mayor respuesta que la del peso al nacimiento e indirectamente aumentaría el peso del gazapo al destete y al nacimiento, esto último podría tener un efecto favorable en la reducción de las pérdidas predestete.

## Bibliografía

- Abou Khadiga G, Youssef YMK, Saleh K, Nofal RY, Baselga M. 2010. Genetic trend in selection for litter weight in two maternal lines of rabbits in Egypt. *World Rabbit Sci* 18: 27-32.
- Agea I, García ML, Blasco A, Argente MJ. 2019. Litter survival differences between divergently selected lines for environmental sensitivity in rabbits. *Animals* 9: 603
- Ajayi BA, Oseni SO, Popoola MA. 2014. Heritability estimates and genetic correlations of some reproductive traits in heterogeneous rabbit population in South-west Nigeria. *Trop Anim Prod Investig* 17: 52-57.
- Argente MJ, Santacreu MA, Climent A, Blasco A. 1999. Phenotypic and genetic parameters of birth weight and weaning weight of rabbits born from unilaterally ovariectomized and intact does. *Livest Prod Sci* 57: 159-167.
- Blumetto O, Olivas I, Torres AG, Villagrà A. 2010. Use of straw and wood shavings as nest material in primiparous does. *World Rabbit Sci* 18: 237-242.
- Ezzeroug R, Belabbas R, Argente MJ, Berbar A, Diss S, Boudjella Z, Talaziza D, Boudahdir N, García ML. 2020. Genetic correlations for reproductive and growth traits in rabbits. *Can J Anim Sci* 100: 317-322.
- García ML, Argente MJ. 2020. The genetic improvement in meat rabbits. In *Lagomorpha Charact; IntechOpen: London, UK, 2020; Volume 5, pp. 1-18.*
- Khalil MH, Owen JB, Afifi EA. 1986. Selection indices for rabbit improvement. *J Agric Sci* 107: 537-545.
- Legarra A, Varona L, López de Maturana E. 2023. TM Threshold Model. Available online: <http://snp.toulouse.inra.fr/~jalegarra/manualtm.pdf> (accessed on 1 September 2023).
- Ilatsia ED, Githinji MG, Muasya TK, Okeno TK, Kahi AK. 2008. Genetic parameter estimates for growth traits of Large White pigs in Kenya. *S Afr J Anim Sci* 3: 166-173. <https://doi.org/10.4314/sajas.v38i3.4131>.
- Szendrő Zs, Cullere M, Atkári T., Dalle Zotte A. 2019. The birth weight of rabbits: influencing factors and effect on behavioural, productive and reproductive traits: a review. *Livest. Sci* 230. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103841>

Testik A, Baselga M, Yavuz C, García ML, 1998. Growth performances of California and line V rabbits reared in Turkey. In *Cahiers Options Méditerranéennes, En: 2nd International Conference on Rabbit Production in Hot Climates*, pp. 159-162.

Varewyck H, Lampo PH, Bouquet I. 1987. Recherche sur l'héritabilité des paramètres zootechniques de la race du Blanc de Termonde. *Rev. L'agriculture* 5: 1144-1153.

# Estudio longitudinal del cambio de la microbiota intestinal con la edad y su relación con la longevidad

*Longitudinal study on the rabbit's gut microbiota variation through age and its relation to longevity*

**Biada I<sup>a</sup>, Santacreu MA<sup>1</sup>, Blasco A<sup>1</sup>, Pena RN<sup>2</sup>, Ibáñez-Escriche N<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Valencia 46022.

<sup>2</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria Av. Rovira Roure, 191 Lleida 25198.

<sup>\*</sup>ibiada@posgrado.upv.es

## Resumen

Se ha estudiado la evolución de la microbiota intestinal a lo largo de la edad adulta de hembras de dos líneas maternas con diferente longevidad (línea LP fundada con criterios de longevidad y línea A, línea comercial de longevidad estándar). Para ello, se secuenció el gen bacteriano 16S rRNA en 368 muestras de heces blandas recogidas de 195 conejas (78 de la línea A y 117 de la línea LP). Después de filtrar y controlar la calidad, las secuencias se analizaron utilizando DADA2 en R. La anotación taxonómica y las métricas de diversidad alfa y beta se calcularon con el software QIIME2. El análisis de diversidad reveló cambios en la diversidad microbiana con el aumento de la edad y mostró que las conejas más viejas tienen índices de diversidad alfa (Shannon y Evenness de Pielou) más bajos que las más jóvenes. Los resultados de los análisis de componentes principales (PCoA), basados en matrices de distancia de diversidad beta (Bray Curtis, Jaccard, Unifrac ponderado y no ponderado), muestran una separación gradual entre las comunidades microbianas con el aumento de la edad. Se necesitan análisis adicionales de estos datos para investigar cómo cambia la abundancia microbiana con el tiempo entre las dos líneas A y LP y su posible implicación en la longevidad.

**Palabras clave:** Microbiota intestinal, edad, longevidad, diversidad microbiana.

## Abstract

This study investigates the gut microbiota evolution through the age of two rabbit lines with different longevity (LP, a line founded with longevity criteria, and A, a standard commercial line). To do so, the bacterial gene 16S rRNA was sequenced in 368 soft faeces samples collected from 195 does (78 of line A and 117 of line LP). After filtering and quality control, the sequences were analysed using DADA2 in R. Taxonomic annotation, alpha, and beta diversity metrics were computed within QIIME2 software. The diversity analysis reveals changes in microbial diversity with increasing age and shows that older does have lower alpha diversity indices (Shannon and Pielou Evenness) than younger ones. Principal Coordinate Analysis (PCoA) graphs based on beta diversity distance matrices (Bray Curtis, Jaccard, weighted and unweighted Unifrac) show clear gradual separations between samples with increasing age. Further studies will carry out to investigate how microbial abundance changes over time between the two lines A and LP and its possible implication in longevity.

**Keywords:** gut microbiota, age, longevity, microbial diversity.

## Introducción

El sector cunícola se está enfrentando a grandes retos como son la desmedicalización de los piensos y la mejora del bienestar animal en un contexto en el que la adaptación al cambio climático es también imprescindible. Por esta razón, se hace necesario el desarrollo de diferentes estrategias que mejoren la resiliencia de los animales para lograr una producción elevada, rentable y sostenible. El microbioma intestinal es importante en la regulación de caracteres relacionados con la salud y el bienestar animal y juega un papel clave en el desarrollo del sistema inmune y la respuesta al estrés. El microbioma puede promover la salud del huésped a través de sus acciones beneficiosas o aumentar su susceptibilidad a enfermedades mediante la disbiosis (Gerber, 2014). La composición y diversidad del microbioma intestinal están influenciadas por diversos factores, como la dieta, la genética del huésped y la edad (Turnbaugh et al., 2007). Con la edad, el microbioma

intestinal experimenta cambios significativos, incluidas alteraciones en la diversidad microbiana, la estructura de la comunidad y la función (Biagi *et al.*, 2010). La relación entre el microbioma intestinal, la edad y la longevidad es compleja y un mejor conocimiento puede proporcionar ideas esenciales sobre los mecanismos subyacentes de la longevidad del huésped. La longevidad y la resiliencia están estrechamente relacionadas, ya que los animales resistentes tienden a tener una esperanza de vida más larga. En la UPV se ha llevado a cabo un estudio de la microbiota intestinal en dos líneas maternas que presentan diferente longevidad. Los resultados mostraron que estas líneas presentaban perfiles de microbioma diferentes en el primer parto que podrían explicar en parte las diferencias de longevidad entre las líneas (Biada *et al.*, 2022).

Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis longitudinal para investigar la evolución de la microbiota intestinal en dos líneas de conejos con diferente longevidad a lo largo de su vida reproductiva (desde el primer parto hasta la muerte o el sacrificio) y su papel en la resiliencia y longevidad de los animales.

## Material y métodos

Un total de 195 hembras de dos líneas maternas de conejos (A y LP) se utilizaron en este experimento, 78 hembras de la generación 50 de selección de la línea A y 117 hembras de la 1 generación 15 de la línea LP. En total se recogieron 367 muestras de heces blandas. La línea A es una línea materna comercial estándar fundada en 1981 y la línea LP es una línea materna robusta fundada en 2002 utilizando criterios de longevidad; hembras con un mínimo de 25 partos y con una prolificidad promedio por parto cercana a 9, que es el promedio de la población comercial española (Sánchez *et al.*, 2008). Ambas líneas LP y A están actualmente seleccionadas para el tamaño de camada al destete. Desde su fundación la línea LP presenta una mayor longevidad que la línea A (El Nagar *et al.*, 2021).

Las hembras fueron criadas en la granja de la Universitat Politècnica de València y se les permitió alcanzar el máximo número de partos posible. Las conejas se alojaron en jaulas individuales con nido de plástico, con un fotoperíodo de 16 horas de luz: 8 horas de oscuridad y con la temperatura y la ventilación controladas. Se utilizó el mismo pienso comercial para todos los animales y el acceso al alimento fue *ad libitum* durante todo el período experimental.

Se tomaron muestras de heces blandas del ano de las conejas durante la segunda semana después de cada parto siempre que fue posible. Se congelaron inmediatamente a  $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta la extracción de ADN y su posterior secuenciación. Estas muestras se recogieron durante un período total de aproximadamente tres años (desde el 23/04/2018 hasta el 28/06/2021). Se secuenciaron las regiones variables V3-V4 del gen bacteriano 16S rRNA utilizando Illumina MiSeq. Tras el filtrado y el control de calidad, las secuencias se agruparon en ASVs ("Amplicon Sequence Variants") utilizando DADA2 en R. La anotación taxonómica se realizó con el software QIIME2 y el clasificador Naive Bayes de la base de datos SILVA.

Para identificar el microbioma base (del inglés "core microbiome"), los taxones microbianos se consideraron parte del núcleo si mostraban una presencia de al menos el 80% en todas las muestras y una abundancia relativa mínima del 0,1%. Estos criterios se aplicaron primero para determinar el microbioma base de todo el conjunto de datos, luego para el microbioma base específico de cada línea.

Para el análisis de diversidad todas las muestras se rarificaron a una profundidad de muestreo uniforme. Después, se calcularon métricas de diversidad alfa y beta a partir de la tabla de ASVs rarificada. Los índices de diversidad alfa, Shannon y Pielou evenness, se utilizaron para calcular la correlación de rango de Spearman con la variable edad en días. Además, se aplicó un modelo lineal de repetibilidad con los dos vectores de diversidad alfa Shannon y Pielou evenness como variables de respuesta. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \text{Longevidad}_i + \text{Línea}_j + \beta(\text{Edad})_{kl} + u_{kj} + e_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  es la medida de diversidad alfa; Longevidad es un efecto con tres niveles en función del número de partos que ha tenido la coneja hasta su muerte o eliminación por problemas reproductivos o patológicos (longevidad baja (BL): con cuatro o menos partos antes de ser eliminadas, longevidad media (ML): entre el cinco y diez partos y longevidad alta (AL): con más de 10 partos)); el efecto línea tiene dos niveles (línea LP y A);  $\beta$  es el coeficiente de la covariable edad en días;  $u_{kj}$  es el efecto aleatorio del animal  $k$ , y  $e_{ijkl}$  es el error residual. Para ajustar el modelo se utilizó estadística bayesiana que tiene la ventaja de calcular probabilidades (Blasco, 2017).

Finalmente, se calcularon matrices de distancia de diversidad beta basadas en cuatro índices, Bray Curtis, Jaccard, Unifrac ponderado y no ponderado. Posteriormente, las cuatro matrices de distancia se importaron a R para realizar un Análisis de Componentes Principales (PCoA).

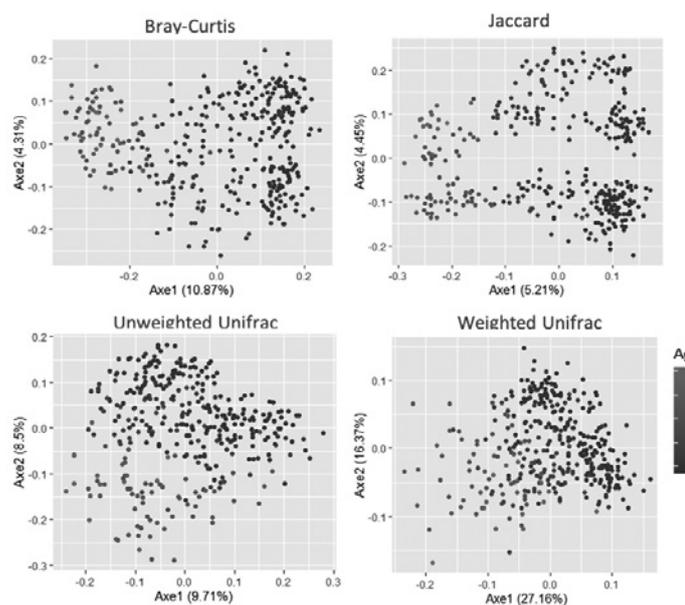
## Resultados y discusión

Tras la eliminación de ruido con DADA2, la tabla de abundancia final de las 367 muestras utilizadas en este experimento contenía 27.307 ASV y 21.800.931 lecturas. La asignación taxonómica dio como resultado un total de 20 filos, 36 clases, 94 órdenes, 150 familias y 290 géneros. El análisis del microbioma permitió identificar 131 ASVs presentes en un mínimo del 80% de las muestras y con una abundancia mínima de 0,1%. Del total, se identificaron 102 ASVs que representan 24 géneros en la línea A y 98 ASVs que representan 25 géneros en la línea LP. Comparando las dos líneas, las líneas A y LP presentaron 17 y 13 ASVs específicos de cada línea, respectivamente.

Tras la rarificación de las 10818 lecturas a una profundidad de secuencia uniforme, se retuvieron 364 muestras. El análisis de la diversidad mostró cambios en la diversidad microbiana a medida que aumentaba la edad de las conejas. Los índices Shannon y Pielou evenness mostraron una correlación de Spearman negativa con el aumento de la edad, -0,7 y -0,4, respectivamente. En cuanto a los resultados del modelo de repetibilidad lineal, el grupo de alta longevidad (hembras eliminadas o muertas después del décimo parto) mostró una diversidad alfa menor que el resto de los grupos de longevidad para ambos índices (Shannon y Pielou evenness). La probabilidad de que el índice del grupo de alta longevidad sea menor que el del grupo de baja longevidad fue del 91% para el índice de Shannon y del 100% para el índice de Pielou evenness (**tabla 1**). Asimismo, la línea longeva LP mostró una mayor diversidad que la línea A para los dos índices Shannon y Pielou evenness con probabilidades altas (**tabla 1**).

Además, los dos índices de Alpha diversidad disminuyeron con la edad con un coeficiente negativo de -0,006 para el índice Shannon y de -0,005 para el Pielou evenness. Estos resultados indican que la homogeneidad y la riqueza de la comunidad microbiana disminuyen a medida que aumenta la edad del conejo. Nuestra hipótesis es que esto se debe a la preponderancia de unos microbios sobre otros con el aumento de la edad.

El análisis de la diversidad beta mediante el análisis de coordenadas principales (PCoA) basado en las distancias de Bray-Curtis, Jaccard, UniFrac ponderada y no ponderada mostró una clara separación gradual entre las comunidades bacterianas a medida que aumentaba la edad. La proporción de la varianza total explicada por los dos primeros ejes de coordenadas principales fue; 15,2% en Bray-Curtis, 9,7% en Jaccard, 18,2% en UniFrac no ponderado, y finalmente 43,6% en UniFrac ponderado (**figura 1**).



**Figura 1.** Análisis de coordenadas principales (PCoA) de la diversidad beta basado en las matrices de distancia de Bray-Curtis, Jaccard, UniFrac no ponderada y UniFrac ponderada, con muestras coloreadas por edad.

**Tabla 1.** Diferencia de los índices de diversidad alfa (Shannon y Pielou Evenness) entre grupos de longevidad y las dos líneas A y LP, estimados con el modelo lineal de repetibilidad.

		Contrast	PM1	HPD95%	P0(%) <sup>2</sup>
Longevidad	Shannon	AL <sup>3</sup> < BL <sup>4</sup>	-0,08	[-0,2: 0,03]	91
		AL < ML <sup>5</sup>	0,07	[-0,08: 0,19]	21
	Pielou Evenness	AL < BL	-0,01	[-0,02: -0,01]	100
		AL < ML	-0,02	[-0,02: -0,01]	100
línea	Shannon	LP>A	0,11	[0,08: 0,23]	98
	Pielou Evenness	LP>A	0,004	[-0,003: 0,01]	88

1Media marginal posterior. 2Probabilidad de que la diferencia sea mayor que cero si la media es positiva o menor que cero si la media es negativa. 3Alta longevidad: conejas con un mínimo de 10 partos. 4Baja longevidad: conejas con menos de 5 partos. 5Media longevidad: conejas con un número de partos entre 5 y 9.

Los resultados preliminares de los índices de diversidad alfa y beta indican cambios en la microbiota de los conejos a medida que envejecen. Los futuros análisis tendrán como objetivo estudiar cómo cambia la abundancia microbiana a lo largo del tiempo entre las líneas A y LP y si la diferencia observada entre las líneas es continua o transitoria. Además, se identificarán grupos de taxones que tengan un papel en la longevidad y expliquen las diferencias en longevidad entre las líneas A y LP.

### Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el MEC (AGL2017-55921-C2-1-P y PID2020-115558GB-C21) y la Generalitat Valenciana (AICO/2020/349 and CIACIF/2021/005).

### Bibliografía

Biada I, Ibáñez-Escriche N, Blasco A, Santacreu MA. 2022. The gut microbiome profile varies among two maternal rabbit lines with different longevity. En: *The 12th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Rotterdam, Netherlands.

Biagi E, Nylund L, Candela M, Ostan R, Bucci L, Pini E, Brigidi P, et al. 2010. Through ageing, and beyond: gut microbiota and inflammatory status in seniors and centenarians. *PloS One* 5(5):e10667.

Blasco A. *Bayesian Data Analysis for Animal Scientists*. Springer 2017.

Bolyen E, Rideout JR, Dillon MR, Bokulich NA, Abnet CC, Al-Ghalith GA, Alexander H, et al. 2019. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nat Biotechnol* 37:852-857.

Callahan BJ, McMurdie PJ, Rosen MJ, Han AW, Johnson AJA, Holmes SP. 2016. DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nat Methods* 13:581.

Claesson MJ, Cusack S, O'Sullivan O, Greene-Diniz R, de Weerd H, Flannery E, et al. 2012. Composition, variability, and temporal stability of the intestinal microbiota of the elderly. *Proc PNAS* 108:4586-4591.

El Nagar AG, Baselga M, Mínguez C, Santacreu MA, Sánchez JP. 2021. Functional longevity in five rabbit lines founded on different criteria: Comparison at foundation and at fixed times after selection. *J Anim Breed Genet* 138:508-517.

Gerber GK. 2014. The dynamic microbiome. *FEBS Lett* 588:4131-4139.

Lloyd-Price J, Abu-Ali G, Huttenhower C. 2017. The healthy human microbiome. *Genome Med* 9:1-9.

Martin M. 2011. Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. *EMBnet J*. 17:10-12.

R Core Team. 2021. *R: A language and environment for statistical computing*.

Sánchez JP, Theilgaard P, Mínguez C, Baselga M. 2008. Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *J Anim Sci* 86:515-25.

Turnbaugh PJ, Ley R., Mahowald MA, Magrini V, Mardis ER, Gordon JL. 2007. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nat* 444:1027-1031.

# Estimas preliminares de la respuesta a la selección por eficiencia alimentaria en tres líneas de conejo de carne

*Preliminary estimates of response to selection for feed efficiency in three meat rabbit lines*

**Sanchez JP<sup>1\*</sup>, Pascual M<sup>1</sup>, Orengo J<sup>2</sup>, López-Bejar M<sup>3</sup>, Piles M<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Genética y Mejora Animal, IRTA, 08140, Caldes de Montbui, España.

<sup>2</sup>Departamento de Producción Animal, Universidad de Murcia, Facultad de Veterinaria - Campus de Espinardo, 30100 Murcia, España.

<sup>3</sup>Departament de Sanitat i d'Anatomia Animals, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici V, Travessera dels Turons, 08193 Bellaterra, España.

\*[juanpablo.sanchez@irta.es](mailto:juanpablo.sanchez@irta.es)

## Resumen

Las tres líneas se han seleccionado para incrementar su eficiencia alimentaria post-destete, pero en cada una de ellas se han usado criterios diferentes, todos basados en registros de animales criados en grupo. La línea RFI se seleccionó para reducir el consumo de pienso residual medido de forma individual con comederos electrónicos, la línea GRP para reducir el consumo de pienso residual pero medido como media de jaula, y la línea ADGR para incrementar el crecimiento en animales alimentados bajo restricción, que se aplicó usando los comederos electrónicos, limitando el acceso diario al pienso a la franja horaria 18:00-06:00. Los resultados mostraron que, en comparación con una población control establecida a partir de embriones vitrificados seis generaciones atrás, las líneas RFI y GRP presentaron una disminución en el peso al final del engorde de entre 15 y 25 g por generación. Esta disminución se atribuye principalmente a una reducción en el crecimiento diario, con valores de -0,82 y -0,40 g/día/generación para RFI (medido con comederos convencionales y electrónicos, respectivamente) y -0,57 y 0,37 g/día/generación para GRP. Sin embargo, estas diferencias se atenúan cuando se ajustan a un peso vivo (PV) constante de 2 kg. La evaluación del consumo sólo se realizó en animales alimentados con los comederos electrónicos, observándose que a los 2 kg PV, las líneas RFI y GRP consumían menos alimento que la población control, con reducciones de -2,05 y -1,53 g/día/generación, respectivamente, siendo significativa solo la disminución en la línea RFI. Esto sugiere una mejora en el índice de conversión alimenticia de -0,04 puntos por generación en la línea RFI. La selección genética para mejorar la eficiencia alimentaria mediante el uso de comederos electrónicos para monitorear el consumo de alimento es una estrategia viable, que puede contribuir a mejorar significativamente la sostenibilidad y rentabilidad de la producción cunícola.

**Palabras clave:** Eficiencia Alimentaria, Selección, Genética, Comederos electrónicos.

## Abstract

The three lines have been selected to increase their post-weaning feeding efficiency, but different criteria have been used in each of them, all based on records of animals reared in group. The RFI line was selected to reduce residual feed intake measured individually with electronic feeders, the GRP line to reduce the residual feed intake but measured as a cage average, and the ADGR line to increase growth in animals fed under restriction, which was applied using electronic feeders, limiting daily access to feed to the time slot 18:00-06:00. The results showed that, compared to a control population established from vitrified embryos six generations ago, the RFI and GRP lines presented a decrease in weight at the end of fattening of between 15 and 25 g per generation. This decrease is mainly attributed to a reduction in daily growth, with values of -0.82 and -0.40 g/day/generation for RFI (measured with conventional and electronic feeders, respectively) and -0.57 and 0.37 g/day/generation for GRP. However, these differences are attenuated when adjusted to a constant live weight (LW) of 2 kg. The evaluation of consumption was only carried out in animals fed with electronic feeders, observing that at 2 kg LW, the RFI and GRP lines consumed less food than the control population, with reductions of -2.05 and -1.53 g/day/generation, respectively, with only the decrease in the RFI line being significant. This suggests an improvement in feed conversion ratio of -0.04 points per generation in the RFI

line. Genetic selection to improve feed efficiency using electronic feeders to monitor feed consumption is a viable strategy, which can contribute to significantly improve the sustainability and profitability of rabbit production.

**Keywords:** Feed efficiency, Selection, Genetics, Electronic Feeders.

## Introducción

De forma general en todas las especies ganaderas, y en particular en el conejo, la mejora de la eficiencia alimentaria durante las fases de crecimiento o producción es un pilar fundamental de la sostenibilidad económica y medioambiental de la producción ganadera (Cartuche *et al.*, 2014, Hegarty *et al.*, 2007). En este sentido, las distintas disciplinas de la producción animal están estudiando, dentro su campo, diversas estrategias para mejorarla. En nuestro caso, la apuesta es la selección para mejorar genéticamente la eficiencia alimentaria de las poblaciones con las que trabajamos. Desde hace unos 10 años venimos desarrollando una serie de proyectos que tienen como objetivo mostrar métodos que, de forma óptima, permitan mejorar genéticamente la eficiencia alimentaria en el conejo. Un hito importante ha sido el poder disponer de un sistema de control del consumo de conejos de engorde alojados en grupo (eFeederRab) (Sánchez *et al.*, 2018). Este equipo se ha usado en un proceso de selección para incrementar la eficiencia en dos de nuestras líneas experimentales (ADGR y RFI), (Sánchez *et al.*, 2019); mientras que en una tercera línea (GRP), y como alternativa a la mejora de la eficiencia se ha empleado como criterio el consumo residual promedio de todos los animales que componían la jaula. Tras 6 generaciones de selección estamos evaluando las respuestas tanto en eficiencia alimentaria como en otros caracteres correlacionados que se han podido ver afectados por el proceso de selección. El objetivo del presente trabajo es precisamente mostrar algunos resultados preliminares en torno a estos cálculos de respuesta en eficiencia alimentaria.

## Material y métodos

El presente estudio considera los dos primeros lotes de comparación coetánea de animales de las tres líneas seleccionadas por diferentes criterios (ADGR, RFI y GRP), todos ellos tratando de mejorar la eficiencia alimentaria. En total suponen 899 individuos, distribuidos en dos lotes, el primero tuvo como fecha de cubrición el 23-06-2023 y el segundo el 25-08-2023.

En comunicaciones previas (Sánchez *et al.*, 2019, Sánchez *et al.*, 2023) ya hemos descrito las tres poblaciones que estamos seleccionando y que suponen, junto con su población control, el material animal utilizado en este trabajo. Brevemente: ADGR, seleccionada por crecimiento diario bajo restricción; RFI, selecciona por consumo de pienso residual individual; y GRP, selecciona por el consumo de pienso residual del grupo, siendo la unidad de selección la jaula. A estas tres poblaciones ahora añadimos una población control, que llamaremos X, que se constituyó durante el primer semestre de 2022 a partir de embriones vitrificados obtenidos de la línea Caldes durante 2016 y 2017. La línea Caldes fue la población que dio lugar a finales de 2017 a las tres poblaciones sometidas a selección desde entonces hasta 2022, lo que ha supuesto un total de 6 generaciones. En este trabajo se están empleando animales que son nietos o biznietos de los animales que en su momento se desvitrificaron para constituir la población control.

Todos los animales se controlaron durante la fase de crecimiento post-destete entre los días 35 y 58 de vida, 340 se alimentaron con nuestro comedero electrónico (eFeederRab). En estos comederos se colocaron 6 animales por jaula con una superficie por animal de aproximadamente 0,17 m<sup>2</sup>. Los 559 restantes se criaron en jaulas equipadas con comedero extraíble para poder controlar cada semana el consumo total de la jaula, en estas jaulas cada animal disponía de unos 0,12 m<sup>2</sup>. En la **tabla 1** se muestra la distribución de animales y jaulas por tipo genético y sistema de alimentación (convencional o eFeederRab) en cada uno de los dos lotes considerados.

**Tabla 1.** Número de animales/jaulas en cada lote (23/06/2023 o 25/08/2023) por nivel de combinación entre tipo de comedero (eFeederRab o Convencional) y línea genética (ADGR, GRP, RFI y X -control-)

	eFeederRab		Convencional	
	23/06/2023	25/08/2023	23/06/2023	25/08/2023
ADGR	47 / 8	42 / 7	88 / 22	99 / 25
GRP	41 / 7	42 / 7	64 / 16	95 / 24
RFI	42 / 7	42 / 7	66 / 17	79 / 20
X	42 / 7	42 / 7	32 / 8	32 / 8

A pesar de disponer de registros de consumo de grupo para las 140 jaulas en las que los animales se alimentaron con comederos convencionales, dado el reducido tamaño muestral que suponen estas 140 unidades se ha optado por no considerarlos en este estudio, concentrándonos exclusivamente en las medidas basadas en registros individuales. Esto es, los pesos a los 35 y 58 días de vida, y la ganancia media diaria entre esos días, para los animales alojados en jaulas con comederos convencionales; y para los animales alojados en jaulas equipadas con eFeederRab, además de estos también se ha estudiado el consumo medio diario y el índice de conversión medio diario en este mismo período.

El modelo para estudiar los pesos a los 35 y a los 58 días de vida no contempló ninguna covariable. Los crecimientos, el consumo y el índice de conversión se estudiaron ajustando a peso constante de 2 Kg de peso vivo (PV), y sin realizar ningún tipo de ajuste por PV, lo que supondría, dado que el inicio y el fin de control se hacen a edades prácticamente fijas, un estudio de las diferencias características a edades constantes. El ajuste a peso fijo representaría la situación comercial que habitualmente se da en España, y que supone que los animales se envían a sacrificio cuando alcanzan los 2 Kg de PV.

## Resultados y discusión

A pesar de tratarse éste de un estudio preliminar pues prevemos acumular datos durante al menos otros 10 lotes, ya podemos anticipar algunas evidencias claras de respuesta a los procesos de selección implementados. En lo que se refiere a los cambios en el peso vivo de los animales (**Tabla 2**), como era de esperar, las mayores diferencias se observaron a los 58 días de vida. Tanto en los animales alimentados con eFeederRab como en los animales alimentados con comederos convencionales se observó un menor peso de las líneas GRP y RFI, no siendo significativas las diferencias entre GRP y RFI cuando se utilizó eFeederRab, pero sí cuando se empleó el comedero convencional. En términos de respuesta (diferencias con respecto a la línea X), estas diferencias supusieron un descenso de 15 y 26 gramos por generación para las líneas GRP y RFI alimentadas con el comedero convencional, y un descenso de 24 y 26 gramos de peso final por generación para las mismas líneas alimentadas con el comedero electrónico. En términos relativos, estas reducciones generacionales suponen entre un 0,8% y un 1,3% del peso medio a los 58 días de los animales de la línea control (X) bajo cada uno de los sistemas de alimentación considerados. No parece que en la línea ADGR se haya modificado el peso a los 58 días de vida bajo ninguno de los dos sistemas de alimentación considerados. De forma paralela a las reducciones de peso a los 58 días de vida, se ha constatado que también la línea RFI parece tener un menor peso vivo en el momento del inicio del periodo de control (35 días). En este caso, dado que el sistema de alimentación (eFeederRab o Convencional) es un factor que ejercerá su efecto en la fase de crecimiento posterior, las dos estimas de diferencia con respecto a la línea control que tenemos se deberían entender como réplicas experimentales, siendo estas diferencias de 83 y 106 gramos; que en términos de respuesta por generación supondrían un promedio de aproximadamente 16 gramos de peso por generación a los 35 días de vida, lo viene a representar un 1,6% de la media de peso al destete de los animales control considerados en estudio, i.e. promedio de las medias de peso a los 35 días de los animales que en el estudio se alimentaron posteriormente con el eFeederRab y con el comedero convencional.

**Tabla 2.** Medias Mínimo Cuadráticas para caracteres de peso y crecimiento en las diferentes líneas bajo los dos sistemas de alimentación.

	eFeederRab				Convencional			
	Peso_35d	Peso_58d	GMD	GMD@2Kg	Peso_35d	Peso_58d	GMD	GMD@2Kg
ADGR	943(16) <sup>a</sup>	1927(24) <sup>a</sup>	44,7(0,6) <sup>a</sup>	46,2(0,4) <sup>a</sup>	1009(12) <sup>a</sup>	2155(19) <sup>a</sup>	52,1(0,4) <sup>a</sup>	49,2(0,3) <sup>a</sup>
GRP	903(16) <sup>a</sup>	1805(25) <sup>b</sup>	41,0(0,7) <sup>b</sup>	45,0(0,4) <sup>b</sup>	976(13) <sup>a</sup>	2049(20) <sup>b</sup>	48,8(0,5) <sup>b</sup>	47,9(0,3) <sup>b</sup>
RFI	856(16) <sup>b</sup>	1789(25) <sup>b</sup>	42,5(0,7) <sup>b</sup>	46,9(0,4) <sup>a</sup>	907(14) <sup>b</sup>	1984(21) <sup>c</sup>	49,0(0,5) <sup>b</sup>	49,2(0,3) <sup>a</sup>
X	939(16) <sup>a</sup>	1948(25) <sup>a</sup>	45,9(0,7) <sup>a</sup>	47,0(0,4) <sup>a</sup>	1013(21) <sup>a</sup>	2139(32) <sup>a</sup>	51,2(0,7) <sup>a</sup>	

Los elementos que dentro de columna no comparten superíndice son significativamente diferentes (p-valor < 0,05). Líneas genéticas: ADGR, GRP, RFI y X (control). Caracteres: Peso a los 35d, Peso a los 58 días, Ganancia Media Diaria (GMD), Ganancia Media Diaria a 2 Kg de peso (GMD@2Kg). Tipo de comedero: eFeederRab y Convencional.

A los 58 días de vida las líneas GRP y RFI mostraron un crecimiento significativamente menor que la línea control (línea X), tanto en animales alimentados con el comedero electrónico como en los animales alimentados con el comedero convencional (**Tabla 2**). En términos de respuesta estas diferencias suponían -0,82 y -0,57 g/d por generación para las líneas GRP y RFI respectivamente, cuando los animales se alimentan con el comedero electrónico siendo estas respuestas de -0,40 y -0,37 g/d por generación para las mismas líneas alimentadas con el comedero convencional. Estas respuestas representan en torno a un 0,8-1,7% de las medias de la línea control (X) en sus respectivos sistemas de alimentación. Cuando las diferencias de crecimiento se estudiaron a igualdad de peso final (2 Kg), la línea RFI no parece tener un crecimiento significativamente menor que la población control bajo ninguno de los dos sistemas de alimentación. A igualdad de peso, la línea GRP sí mantuvo un crecimiento significativamente menor al de población control (-2,0 g/d = -0,33 g/d por generación) cuando ambas se alimentaban con el comedero electrónico, pero no cuando ambas se alimentaban con el comedero convencional. La línea ADGR, seleccionada para incrementar el crecimiento diario mientras se alimentaba bajo restricción horaria del acceso al pienso, no mostró diferencias significativas en crecimiento con respecto a la población control bajo ninguno de los sistemas de alimentación, ni tampoco al comparar a edades o pesos constantes; sí parece claro el mayor crecimiento de la línea ADGR con respecto a las otras dos poblaciones seleccionadas para reducir el consumo de pienso residual.

Como ya se ha indicado, los datos de consumo sólo se registraron en los animales alimentados con el comedero electrónico. A los 58 días de vida las diferencias entre las líneas GRP y RFI, y la población control parecen claramente significativas (**Tabla 3**), suponiendo una reducción del consumo de 3,01 y 2,62 g/d por generación, respectivamente. Cuando estas diferencias se calculan a un peso vivo constante de 2 Kg se reducen a 2,05 y 1,53, y sólo la primera supone una diferencia significativa respecto a la línea X. Tanto a edad como a peso constante, la línea ADGR mostró un consumo numéricamente intermedio entre la población control y las líneas seleccionadas para reducir el consumo de pienso residual, pero de todos los contratos que implican a la línea ADGR, fueron sólo significativamente diferentes de cero aquellos con respecto a las poblaciones GRP y RFI cuando se comparaban a edades constantes, y sólo con respecto a la línea GRP cuando las líneas se comparaban a peso constante. No obstante, la diferencia de consumo a peso constante entre las líneas ADGR y RFI alcanza una magnitud notoria (6,4 g/d).

**Tabla 3.** Medias Mínimo Cuadráticas para consumo e índice de conversión en las diferentes líneas.

	eFeederRab			
	CMD	CMD@2Kg	IC	IC@2Kg
ADGR	138,1(2,8) <sup>a</sup>	141,0(2,6) <sup>ac</sup>	3,16(0,08) <sup>a</sup>	3,10(0,08) <sup>a</sup>
GRP	123,7(2,9) <sup>b</sup>	131,5(2,9) <sup>b</sup>	3,08(0,08) <sup>a</sup>	2,91(0,08) <sup>bc</sup>
RFI	126,1(2,9) <sup>b</sup>	134,6(2,9) <sup>bc</sup>	3,01(0,08) <sup>a</sup>	2,83(0,08) <sup>b</sup>
X	141,8(2,9) <sup>a</sup>	143,8(2,7) <sup>a</sup>	3,10(0,08) <sup>a</sup>	3,05(0,08) <sup>ac</sup>

Los elementos que dentro de columna no comparten superíndice son significativamente diferentes (p-valor < 0,05). Líneas genéticas: ADGR, GRP, RFI y X (control). Caracteres: Consumo Medio Diario (CMD), Consumo Medio Diario a 2 Kg de peso (CMD@2Kg), Índice de Conversión (IC), Índice de Conversión a 2Kg de peso (IC@2Kg). Tipo de comedero: eFeederRab.

Estos resultados de diferencias en consumo y crecimientos promedios diarios entre las líneas nos conducen a ciertas diferencias significativas en los índices de conversión promedios diarios cuando las líneas se comparan a un peso constante de 2Kg, pero no cuando se comparan a edad constante, aunque en ambas situaciones la tendencia es similar. A los 2 Kg de PV las líneas GRP y RFI son las que parecen tener un menor índice de conversión, siendo significativamente diferentes de cero las diferencias entre la población control y la línea RFI. En este caso la respuesta se estimó en aproximadamente 0,04 puntos de IC por generación, un 1,2 % por generación del IC a los 2 Kg de peso vivo de la línea control.

De los tres métodos de selección propuestos para mejorar la eficiencia alimentaria, los que parecen estar generando una respuesta significativa y en la dirección deseada en la eficiencia son los que suponen la reducción del consumo de pienso residual, tanto si el criterio se registra en cada individuo usando el comedero electrónico (línea RFI), como si se registra como media de jaula y la unidad de selección son todos los componentes de la jaula (línea GRP). En ambos casos, la respuesta en eficiencia parece alcanzarse a través de una clara reducción del consumo, que parece venir acompañada de una reducción del crecimiento diario en el caso de la línea GRP, y del tamaño general de los animales, ya desde los 35 días, en el caso de la línea RFI. En el contexto de otro experimento de selección para mejorar la eficiencia alimentaria en conejos, se han reportado resultados muy similares (Drouilhet *et al.*, 2016), aunque en este estudio los registros para la toma de decisiones de selección se tomaron en animales alojados en jaulas individuales. Todos estos resultados, apuntan a respuestas en eficiencia que, por reducir el peso final y el crecimiento, pudieran tener un impacto limitado en la producción cunícola. Esto, no obstante, pudiera ser de esperar, ya que con la reducción del consumo de pienso residual no se garantizan respuestas correlacionadas nulas en otros caracteres de crecimiento y peso. A pesar de esta limitación comercial de los procesos de selección propuestos, el material generado sí pudiera tener un cierto interés como material de investigación para evaluar otros aspectos de la producción cunícola vinculados a la eficiencia, como por ejemplo la interacción entre diferentes tipos de dieta y el nivel de eficiencia de los animales.

Sin duda alguna, la conclusión más relevante de nuestro estudio es poder afirmar que el sistema de alimentación electrónico desarrollado por nuestro equipo (eFeederRab) parece ser de utilidad para la selección genética en esquemas que pretendan reducir el índice de conversión de las poblaciones con las que se trabaja. Aunque quizás el mejor criterio de selección a considerar en estos procesos, pensando en un objetivo comercial de los mismos, pudiera no ser ninguno de los considerados hasta ahora en nuestras líneas. En este sentido, un índice bi-carácter que diera peso positivo al crecimiento y negativo al consumo pudiera dar lugar a una mayor y mejor respuesta a la observada en nuestro experimento. En los próximos trabajos, además de confirmar los resultados de respuesta preliminares aquí descritos, estaremos también en posición de estimar con precisión las correlaciones genéticas entre crecimiento y consumo en animales alimentados con eFeederRab, lo que nos permitirá definir y evaluar de forma precisa el índice bi-carácter arriba mencionado.

Agradecimientos: Se agradece la financiación de la línea de proyectos GENE (PID2021-128173OR-C21, RTI2018-097610-R-I00, RTA2014-00015-C02-00) y del proyecto Feed-a-gene (subvención nº633531) y el esfuerzo incondicional en el trabajo del personal de la granja de selección cunícola de Torre Marimon- IRTA: Oscar Perucho, Carmen Requena, Pere Alsina y Queralt Estruch; así como la colaboración durante la realización de las transferencias de embriones del equipo del Departament de Sanitat i d'Anatomia Animals de la UAB: Annais Carbajal, Sergi Olvera-Maneu y Paula Serres.

## Bibliografía

- Cartuche L, Pascual M, Gómez EA, Blasco A. 2014. Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Sci*, 22: 165-177.
- Drouilhet L., Achard C. S., Zemb O., Molette C., Gidenne T., Larzul C., Ruesche J., Tircazes A., Segura M., Bouchez T., Theau-Clément M., Joly T., Balmisse E., Garreau H., Gilbert H. 2016. Direct and correlated responses to selection in two lines of rabbits selected for feed efficiency under ad libitum and restricted feeding: I. Production traits and gut microbiota characteristics. *J Anim Sci* 94:38-48.
- Hegarty RS, Goopy JP, Herd RM, McCorkell B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *J Anim Sci* 85:1479-1486
- Sánchez JP, Piles M, Pascual M, Rafel O. 2018. Dispositivo para el control individual de consumo durante el engorde de conejos alojados en jaulas colectivas. Resultados Preliminares. En: XLIII Symposium de Cunicultura de ASESCU. Calamocha, Spain, pp 125-129.
- Sánchez JP, Pascual M, Perucho O, Piles M. 2019. Selección para mejorar la eficiencia alimentaria de gazapos alojados en grupo usando comederos electrónicos. En: XLIV Symposium de Cunicultura de ASESCU. Aranda de Duero, Spain, pp 93-98.
- Sánchez JP, Pascual M, Piles M. 2023. Tendencias Genéticas en Tres Líneas de Conejo Seleccionadas por Eficiencia Alimentaria. En: XLVII Symposium de Cunicultura de ASESCU. León, Spain, pp 44-47.

# Creación de una línea seleccionada por eficiencia alimentaria.

## 2. Consumo residual, peso metabólico y energía de mantenimiento

*A new line selected for feed efficiency. 2. Residual feed intake, metabolic weight and maintenance energy*

**Blasco A<sup>\*1</sup>, Hernández P<sup>1</sup>, Argente MJ<sup>2</sup>, García ML<sup>2</sup>, Martínez Álvaro M<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universitat Politècnica de València. Apartado 22012. Valencia 46022.

<sup>2</sup>Instituto CIAGRO-UMH, Universidad Miguel Hernández de Elche, Ctra de Beniel Km 3.2, 03312 Orihuela.

\*[ablasco@dca.upv.es](mailto:ablasco@dca.upv.es)

### Resumen

Se examinan la relación entre el peso metabólico usado para corregir los criterios de selección consumo residual y crecimiento residual, y varias variables de productividad de la hembra reproductora. No aparece relación entre este peso metabólico y el número de destetados del segundo parto, número total de destetados, longevidad de la hembra, intervalo medio entre partos, productividad total y productividad por unidad de tiempo (nº total de destetados / intervalo entre el primer y el último parto), ni con la condición corporal (grasa perirrenal al segundo parto); o bien la correlación es muy leve. En conclusión, no parece justificado corregir por peso metabólico, teniendo en cuenta que la varianza del carácter disminuye debido a la corrección y la respuesta a la selección podría ser inferior.

**Palabras clave:** Selección, eficiencia alimentaria, índice de conversión, consumo residual.

### Abstract

The relationship between the metabolic weight used to correct the selection criteria 'residual feed intake' and 'residual growth', and several productivity variables of the reproductive female are examined. There is no relationship between this metabolic weight and the number of weaned from the second parity, total number of weaned, longevity of the doe, average interval between parities, total productivity and productivity per time unit (total number of weaned / interval between first and last parity) or body condition (perirenal fat content at second parity); or the correlation is very low. In conclusion, it does not seem to be justified to correct for metabolic weight, taking into account that the variance of the trait decreases due to the correction by metabolic weight and consequently the response to selection could be lower.

**Keywords:** Genetic selection, feed efficiency, residual feed intake.

### Introducción

En la Universidad Politécnica de Valencia se están seleccionando dos líneas de conejos por eficiencia alimentaria, una para aumentar la eficiencia y otra para disminuirla; ambas líneas están en la misma granja y sometidas al mismo ambiente y manejo. El objetivo del experimento es disponer de dos poblaciones separadas genéticamente, de forma que se puedan investigar la acción de los genes sobre la eficiencia y las rutas metabólicas implicadas, tanto en los individuos seleccionados como en su microbioma. También se examinarán las consecuencias de la selección en la resiliencia de las líneas, en la calidad de la canal y de la carne, y si hay también consecuencias en la calidad seminal, dado que el destino de una línea seleccionada por alta eficiencia alimentaria es proveer de machos a centros de inseminación.

En el Symposium de ASESCU anterior propusimos varios posibles criterios de selección por eficiencia alimentaria. Concluimos que el Crecimiento a consumo constante o el Crecimiento residual (es decir, crecimiento a

consumo constante corregido por necesidades de mantenimiento) podrían ser criterios sencillos de implementar y una forma de mejorar la eficiencia alimentaria sin disminuir el apetito y al mismo tiempo aumentar la velocidad de crecimiento, algo que los ganaderos fácilmente aprecian (Blasco y Martínez Alvaro, 2023).

Los métodos clásicos para mejorar la eficiencia alimentaria son el aumentar el crecimiento a consumo constante o reducir el consumo a crecimiento constante, seleccionar por índice de conversión (consumo/crecimiento) o aplicar un índice de selección que pondere de forma óptima consumo y crecimiento para maximizar el beneficio; ninguno de ellos considera la energía destinada por el animal a mantenimiento. Esto podría dar lugar a problemas colaterales si se disminuye la energía de mantenimiento de los conejos seleccionados, por lo que hoy es frecuente usar criterios que incluyen un término de corrección por este concepto (por ejemplo, el consumo residual o, de forma menos frecuente, el crecimiento residual).

Podría ocurrir que los animales con menor energía de mantenimiento tuvieran peores tamaños de camada, o una vida útil menor, o peor condición corporal que pudiera afectar a la lactación, o peor productividad por unidad de tiempo. No está claro si esto es importante o no en conejo, o no lo es por el momento, pero es evidente que la corrección por energía de mantenimiento puede disminuir la respuesta a la selección porque disminuye la variabilidad del carácter medido (consumo o crecimiento), por lo que es interesante averiguar hasta qué punto corregir por energía de mantenimiento es importante. En esta comunicación nos centraremos en este punto. Utilizaremos animales de un experimento de selección divergente, con dos líneas seleccionadas por variabilidad del tamaño de camada de cada hembra (Blasco *et al.*, 2017). Estas líneas han mostrado tener una condición corporal distinta y una capacidad de movilización de las reservas grasas también diferente (García *et al.*, 2019), así como diferencias en supervivencia de las hembras, resistencia al estrés y a enfermedades (Argente *et al.*, 2019) y en supervivencia al destete de sus gazapos (Agea *et al.*, 2019), siendo la línea homogénea (L) más resiliente que la heterogénea (H).

## Material y métodos

Los datos de peso corporal, datos reproductivos y datos de condición corporal de las hembras usados en este trabajo, provienen del experimento descrito por García *et al.*, (2019). Disponemos de 104 hembras de la línea L y 82 de la línea H. Definimos el peso metabólico como el peso intermedio entre el destete (4semanas) y sacrificio o selección (9semanas) elevado a 0.75. Este peso es usado para corregir por energía de mantenimiento en los criterios de selección Consumo residual y Crecimiento residual, descritos en Blasco y Martínez Alvaro (2023). Examinaremos por regresión simple la relación entre el peso metabólico, y caracteres de supervivencia y productividad: número de destetados de la hembra al segundo parto, número total de destetados en todos los partos, longevidad (número de partos al que llega la hembra antes de morir o ser eliminada por motivos sanitarios; no se eliminan conejas antes de que terminen su vida reproductiva), el intervalo entre partos medio de la coneja, y la productividad por unidad de tiempo (total destetados / intervalo entre el primer y el último parto), así como su relación con la condición corporal de la hembra adulta, medida como el espesor de la grasa perirrenal (mm) mediante ultrasonidos.

## Resultados y discusión

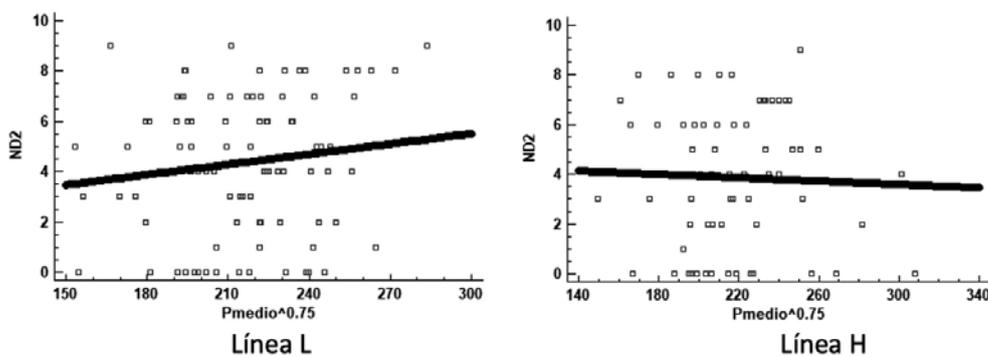
La forma habitual de introducir la energía de mantenimiento para calcular el consumo residual es añadir un coeficiente de regresión sobre el peso medio durante el crecimiento, elevado a una potencia determinada. Esta potencia suele ser 0.75 (ver, por ejemplo, Piles *et al.*, 2007, en conejo), pero esta corresponde al estado adulto del animal, siendo en realidad una potencia cambiante durante el crecimiento (Brody, 1945); en porcino, por ejemplo, este coeficiente se ha estimado en 0.60 (Noblet *et al.*, 1999). En nuestro caso, las correlaciones entre el peso medio y el mismo peso elevado a 0.75 y a 0.60 fueron superiores a 0.99 en ambas líneas, por lo que parece irrelevante usar una u otra forma de corregir. Esto se debe a que los pesos medios se toman en un rango de datos muy estrecho; si tratáramos con animales de razas diferentes con formatos muy diferentes, como fue el caso de Noblet *et al.* (1999), las correlaciones no serían tan elevadas. Usaremos como peso metabólico el peso medio a la potencia de 0.75 porque es el más corriente.

La **tabla 1** muestra las medias brutas de los caracteres analizados. En nº de destetados al segundo parto es muy bajo porque hemos incluido el caso de cero destetados, porque la reducción de la energía de mantenimiento podría tener también influencia en estas cifras.

**Tabla 1.** Descripción de las variables utilizadas.

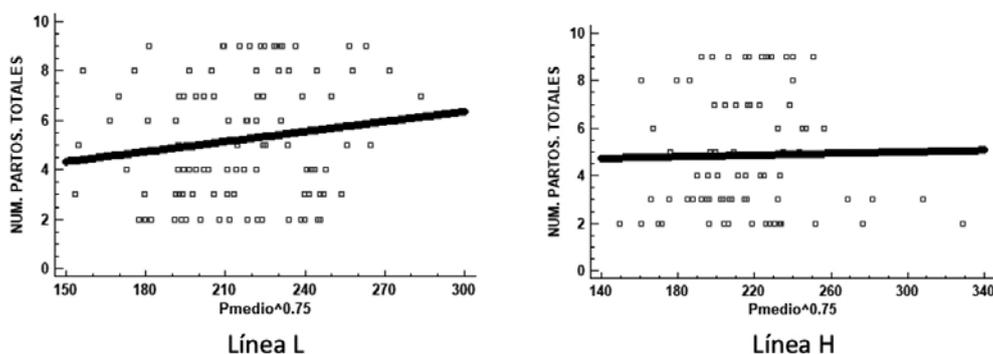
	Media	SD	CV%
Nº destetados 2º parto ND2	4.2	2.7	65
Nº total de destetados NDT	26	16	62
Longevidad (nº Partos)	5.1	2.5	49
Intervalo entre partos medio (d)	60	15	25
Intervalo entre 1º y último parto IP (d)	237	63	45
Productividad: NDT/IP (gazapos/d)	0.12	0.05	45
Grasa perirrenal 2º parto (mm)	8.3	10	
Peso medio elevado a 0.75 (g)	216	30	114

La relación entre el peso metabólico y el tamaño de camada al segundo parto (nº de destetados) es prácticamente nula (Línea L,  $r = 0.14$ ; línea H,  $r = -0.04$ , pendientes no significativas), como se puede ver en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Regresión del nº de destetados (ND2) al segundo parto sobre el peso metabólico en las líneas H y L.

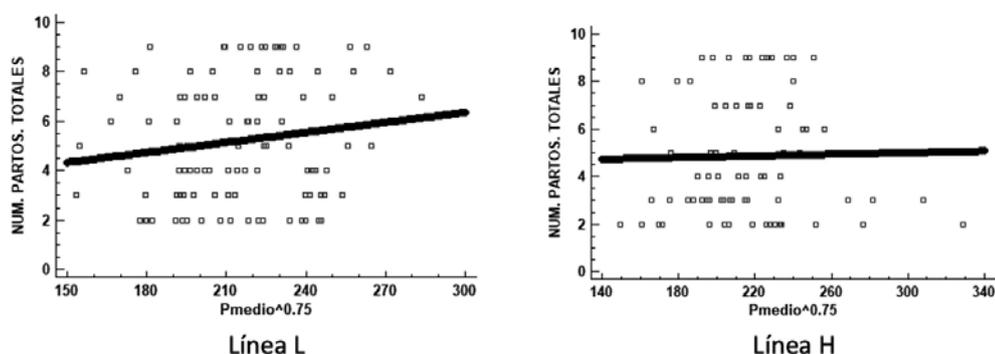
La relación entre el peso metabólico y la longevidad de la hembra, medida por el número de partos al que llega antes de morir o ser eliminada por motivos sanitarios, es también prácticamente nula (Línea L,  $r = 0.15$ ; línea H,  $r = 0.02$ ). En la **figura 2** se representa el número de partos de la hembra según aumenta el peso metabólico, y los coeficientes de regresión tampoco son significativamente distintos de cero.



**Figura 2.** Regresión del nº de partos de una hembra sobre el peso metabólico en las líneas H y L.

Tampoco parece que el peso metabólico tenga mucha relación ni con el intervalo entre partos medio de la coneja (Línea L,  $r = -0.07$ ; línea H,  $r = -0.19$ , pendientes no significativas), ni con la productividad total (el número total de destetados en todos los partos; Línea L,  $r = 0.10$ ; línea H,  $r = 0.02$ , pendientes no significativas) ni con la productividad por unidad de tiempo (Total destetados / Intervalo del primer al último parto; Línea L,  $r = -0.10$ ; línea H,  $r = 0.04$ , pendientes no significativas).

En cuanto al estado corporal, medido como la grasa perirrenal de la hembra al segundo parto, estimada por ultrasonidos según describen García *et al.* (2019) (**figura 3**), la relación, de existir, es más bien ligera (Línea L,  $r = 0.20$ , coeficiente de regresión  $0.006$  significativo ( $P < 0.05$ ), línea H,  $r = 0.12$ , coeficiente de regresión n.s.).



**Figura 3.** Regresión del espesor de grasa perirrenal al segundo parto (GDP parto) sobre el peso metabólico en las líneas H y L

Se puede argumentar que en líneas con un mayor tamaño de camada, o en líneas seleccionadas por eficiencia alimentaria, los resultados serían diferentes; vamos a repetir estos análisis en nuestras líneas maternales comerciales y en las de eficiencia alimentaria, pero es dudoso que los resultados vayan a ser muy diferentes dado lo extremadamente bajas que son las correlaciones. Este es un trabajo exploratorio que sólo pretende llamar la atención sobre el hecho de que, al menos en conejo, no parece necesario incluir la corrección por energía de mantenimiento en los criterios de selección. En próximos trabajos abordaremos este tema con detalle.

Se puede argumentar que seleccionar por eficiencia sin tener en cuenta la energía de mantenimiento es posible que produzca a la larga problemas derivados de esta falta de energía de mantenimiento. Esto es común a muchos caracteres; obviamente el consumo residual, por poner un ejemplo, no puede reducirse indefinidamente, lo que no frena a las empresas a incluirlo entre sus posibles objetivos de selección. La selección de especies prolíficas se ha hecho, en general, con índices que ponderan consumo y peso (y grasa, en el caso del cerdo), sin tener en cuenta estas correcciones por peso metabólico, y no parece que haya habido problemas ni en aves ni en cerdos. No esperamos tampoco que se produzcan en conejos.

## Conclusión

En conclusión, por el momento no parece justificado incluir la corrección por peso metabólico ni para el consumo residual ni para el crecimiento residual en conejo, sobre todo si se tiene en cuenta que al corregir por peso metabólico la variabilidad del carácter decrece y esto puede disminuir la respuesta a la selección.

Agradecimientos: Agradecemos a M.A. Santacreu sus sugerencias sobre la productividad total y el intervalo entre partos. Financiado por el proyecto PID2020-115558GB-C21 y CIAICO/2022/016. MMA agradece la ayuda RYC2021-032618-I al Ministerio de Ciencia e Innovación, financiada por MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 y por European Union NextGenerationEU/PRTR.

## Bibliografía

- Agea I, García ML, Blasco A, Argente MJ. 2019. Litter survival differences between divergently selected lines for environmental sensitivity in rabbits. *Animals* 9: 603.
- Argente MJ, García ML, Zbynovska M, Petruska P, Capcarova M, Blasco A. 2019. Correlated response to selection for litter size environmental variability in rabbits' resilience. *Animal* 13: 2348 - 2355.
- Blasco A, Martínez-Álvarez M, García ML, Ibáñez-Escriche N, Argente MJ. 2017. Selection for environmental variance of litter size in rabbits. *Genet Sel Evol* 49: 48
- Blasco A, Martínez-Álvarez M. 2023. Creación de una línea seleccionada por eficiencia alimentaria. 1. Criterios de selección. 47 Symposium Cunicultura, León 31 Mayo - 1 Junio 2023.
- Brody S. 1945. *Bioenergetics and growth*. Reinhold.

García ML, Blasco A, García ME, Argente MJ. 2019. Body condition and energy mobilisation in rabbits selected for litter size variability. *Animal* 13: 784-789.

Noblet J, Karege C, Dubois S, van Milgen J. 1999. Metabolic Utilization of Energy and Maintenance Requirements in Growing Pigs: Effects of Sex and Genotype. *J Anim Sci* 77:1208-1216.

Piles M, García ML, Rafel O, Ramon J, Ibañez-Escriche N, Varona L. 2007. Individual efficiency for the use of feed resources in rabbits. *J Anim Sci* 85: 2846,2853.

# REPRODUCCIÓN

---

**Efecto de la administración del flavonoide quercetina en la tasa de ovulación, consumo de alimento y composición corporal en conejas jóvenes y adultas**

Jordán-Rodríguez D, Vicente-Carrillo A, Cáceres-Martín E, Gómez-León A, Rebollar P, Lorenzo PL, García-García RM, Arias-Álvarez M

**Efecto de la profundidad de inserción de la cánula de inseminación en la fertilidad y prolificidad de conejas no lactantes sin el uso de análogos GnRH**

Castillo JJ, Viudes-de-Castro MP, Marco-Jiménez F, Vicente JS

# Efecto de la administración del flavonoide quercetina en la tasa de ovulación, consumo de alimento y composición corporal en conejas jóvenes y adultas

*Effect of administration of the flavonoid quercetin on ovulation rate, feed intake, and body composition in young and adult rabbits does*

**Jordán-Rodríguez D<sup>1\*</sup>, Vicente-Carrillo A<sup>2</sup>, Cáceres-Martín E<sup>2</sup>, Gómez-León A<sup>1</sup>, Rebollar P<sup>3</sup>, Lorenzo PL<sup>1</sup>, García-García RM<sup>1</sup>, Arias-Álvarez M<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dept. Fisiología, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid, España.

<sup>2</sup>Dept. Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid, España.

<sup>3</sup>Dept. Producción Agraria, E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, 28040, Madrid España.

\*djordan@ucm.es

## Resumen:

La utilización de antioxidantes como la quercetina (QUR) es de gran interés para mejorar la función reproductiva y la vida útil de las conejas. Para valorar los efectos de este flavonoide sobre dichos parámetros, se realizó un estudio con conejas jóvenes (grupo J) y adultas (grupo A) a las que se administró QUR (300 mg/kg) (JQ y AQ) por vía oral durante 8 semanas y se compararon con conejas sin QUR (JC y AC). Se midió el peso corporal, el consumo de alimento, la composición corporal (% grasa, agua, cenizas, proteína y energía [kJ/100g]) y los parámetros reproductivos (peso medio del ovario, número de cuerpos lúteos [CL], tasa de ovulación, tasa de recuperación y niveles séricos de progesterona [P4]). Los resultados mostraron que la administración de QUR no influye en el crecimiento y mantenimiento del peso de las conejas jóvenes y adultas. La composición corporal se vio afectada por la edad (joven o adulta), con un porcentaje de proteína y agua mayor en las adultas y una tendencia a un mayor contenido graso en las JQ. El peso del ovario fue mayor en las conejas adultas. La tasa de ovulación fue del 100% en todos los animales y no hubo diferencias en el número de CL. Sin embargo, se observó una concentración de P4 mayor en las conejas adultas que en las JC, mostrando las conejas JQ niveles intermedios. En conclusión, la QUR administrada durante 8 semanas podría estar mejorando las reservas energéticas y la producción de P4 en las conejas jóvenes.

**Palabras clave:** coneja, antioxidante, composición corporal, ovario, progesterona.

## Abstract

The use of antioxidants such as quercetin (QUR) has a great interest in improving reproductive function and lifespan in rabbits does. To assess the effects of this flavonoid on these parameters, a study was conducted with young (group J) and adult (group A) does to which QUR (300 mg/kg) (JQ and AQ) was administered orally for 8 weeks and compared with does not treated with QUR (JC and AC). Body weight, feed intake, body composition (% fat, water, ash, protein and energy [kJ/100g]) and reproductive parameters (mean ovarian weight, number of corpora lutea [CL], ovulation rate, recovery rate and serum progesterone levels [P4]) were measured. The results showed that QUR administration did not influence the growth and body weight maintenance of young and adult rabbits does. Body composition was affected by age (young or adult), with a higher protein and water content in adult does and a tendency to increase body fat content in JQ. Ovarian weight was higher in adult rabbit does. Ovulation rate was 100%, and the number of CL was similar for all the groups. Nevertheless, higher P4 levels were observed in adult does than in JC does, showing intermediate levels in JQ does. In conclusion, QUR administered for 8 weeks could be improving energy reserves and P4 production in young does.

**Keywords:** rabbit, antioxidant, body composition, ovary, progesterone.

## Introducción

En los sistemas de producción intensivos, lactación y gestación se solapan, lo que produce un balance energético negativo que afecta a la composición corporal, a las características reproductivas y a la longevidad de las conejas (Lorenzo *et al.*, 2014). La QUR (3,3',4', 5, 7-pentahidroflavona) es un flavonoide que se encuentra en vegetales, frutas, té y vino tinto (Naseer *et al.*, 2017), que tiene efectos positivos sobre la resistencia a enfermedades y la salud en general (Li *et al.*, 2016), incluida la reproducción. En la coneja, la administración de QUR mejora la función reproductiva ya que promueve el desarrollo folicular, disminuye la tasa de apoptosis de las células de la granulosa y mantiene la competencia del oocito en situaciones de estrés térmico (Naseer *et al.*, 2017), aunque es necesario una administración de QUR durante 30-90 días para observar sus efectos. En condiciones fisiológicas, no se ha estudiado si la administración de QUR durante el período de recría (8-16 semanas) podría ser beneficiosa para incrementar su reserva ovárica y mejorar la vida útil de las hembras a largo plazo. El objetivo de este estudio fue analizar si la administración de QUR por vía oral durante 8 semanas y la edad de las conejas (jóvenes y adultas) influye sobre su peso, consumo de alimento y composición corporal y sobre la respuesta ovárica en términos de tasa de ovulación y niveles séricos de P4 al finalizar el periodo experimental.

## Material y métodos

Se utilizaron conejas híbridas de Neozelandés blanco x California, que se alojaron en las instalaciones de la granja experimental del Departamento de Producción Agraria, de la ETSIAAB (UPM), en jaulas individuales, con condiciones ambientales controladas (16 h de luz, 18-22° C y humedad relativa del 60-75%). Todas las conejas recibieron un pienso comercial (NANTA, Griñón, Toledo, España), de manera restringida (150 g/día) las adultas y *ad libitum* las jóvenes, con libre acceso al agua. Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Ética de Experimentación Animal de la UPM y UCM (PROEX 324.6/23).

Las conejas jóvenes de 8 semanas de edad (n=12, grupo J) y las adultas de 12 meses de edad (n=11, grupo A), se dividieron a su vez en dos grupos experimentales: conejas a las que se les administró QUR por vía oral (300 mg/kg), con una jeringa mezclada con zumo de naranja (Grupo Q), y conejas control, a las que se les administró sólo zumo de naranja (Grupo C), durante 8 semanas, estableciéndose cuatro grupos experimentales en total: JC (n=6), JQ (n=6), AC (n=5) y AQ (n=6).

El peso, en conejas adultas y jóvenes, y el consumo de alimento, en conejas jóvenes, se midieron semanalmente. En el grupo JQ la dosis de QUR suministrada se adaptó semanalmente a la ganancia de peso de las conejas. La composición corporal de las conejas se estimó mediante bioimpedancia eléctrica (BIA) al final del periodo experimental, mediante el uso de 4 agujas introducidas a través de la piel que se conectaron a 4 electrodos del dispositivo Quantum II (RJL Systems, Detroit, MI, EEUU) (Sakr *et al.*, 2010). Para el cálculo se aplicaron las ecuaciones de predicción que tienen en cuenta los valores de reactancia y resistencia obtenidos, el peso del animal, el número de parto y el estado fisiológico de la coneja (Pereda *et al.*, 2007).

Al final del periodo de administración de QUR, se indujo la ovulación con 20 µg de gonadorelina (Cystoreline, Ceva Salud Animal, España) por vía I.M. A las 14h se tomaron muestras de sangre de la vena marginal de la oreja, que se mantuvieron a 37°C, 30 min y se centrifugaron (4°C, 700g, 15 min) para obtener el suero que se conservó a -80°C. Los niveles de P4 se cuantificaron por duplicado utilizando un kit enzimoimmunoanálisis (ELISA) (Progesterone ELISA, Demeditec Diagnostics GmbH, Alemania) con un coeficiente de variación intraensayo de <10% e interensayo ≤10%, con un rango de detección entre 0,140-40,0 ng/ml y una sensibilidad de 0,045 ng/ml. La absorbancia fue medida a 450 y 630 nm (Benchmark Plus Microplate Spectrophotometer System #1706930, Bio-Rad, EEUU).

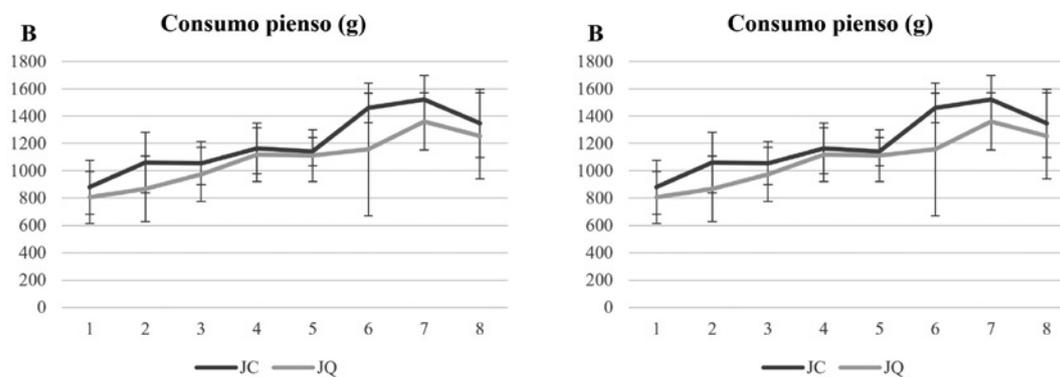
Después se sacrificaron los animales según el RD 53/2013, se realizó una laparotomía media ventral y se extrajeron tanto los ovarios como los tractos reproductores. A continuación, se pesaron los ovarios y se contaron los CL en la superficie de cada ovario. Para obtener los Complejos Cúmulo-Oocito (COCs) se realizó un lavado oviductal retrógrado con un tampón fosfato salino suplementado con albúmina sérica bovina al 0,1% (PBS-BSA). Se calculó la tasa de recuperación:  $[(N^{\circ} \text{ de COCs recuperados} / N^{\circ} \text{ de CL en el ovario}) \times 100]$  y la tasa de ovulación  $[(N^{\circ} \text{ conejas que han ovulado} / N^{\circ} \text{ conejas del grupo}) \times 100]$ .

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa SPSS Statistics (v 29.0.0.1, 2021). La normalidad de los datos se comprobó con el test de Shapiro-Wilk. El peso de los animales se comparó semanalmente

mediante un análisis ANOVA de medidas repetidas. El consumo de pienso de las conejas J se comparó con una t-student. El peso medio de los ovarios, el número de CL, la tasa de ovulación y la de recuperación y los niveles de P4 se analizaron mediante un ANOVA o un test de Kruskal-Wallis con el test *post hoc* correspondiente. Los resultados se muestran con la desviación estándar (DS) y se consideraron diferencias significativas cuando  $p < 0,05$ .

## Resultados y discusión

El peso de las conejas jóvenes y adultas fue similar en los grupos experimentales con o sin QUR. Las jóvenes de ambos grupos alcanzaron un peso apropiado (aproximadamente un 80% del peso adulto) en el momento en el que habrían recibido la primera inseminación artificial (IA) (Rommers *et al.*, 2002) (**Figura 1A**). Como era de esperar, el peso de estas conejas fue significativamente inferior al de las adultas durante todo el experimento. Estos datos indican que la administración de QUR no parece afectar al crecimiento de las conejas J durante la fase de recría ni tampoco a su consumo de pienso (**Figura 1B**). Las conejas adultas de ambos grupos no mostraron diferencias significativas en el peso ya que su consumo de pienso estuvo restringido y la administración de QUR no modificó este parámetro.



**Figura 1.** A) Evolución del peso en conejas J y A y B) Consumo semanal de pienso de las conejas J a lo largo del período experimental (8 semanas). Parámetros con letras diferentes muestran diferencias significativas  $p < 0,0006$ . JC: jóvenes control, JQ: jóvenes con quercetina, AC: adultas control, AQ: adultas con quercetina.

Los resultados de la estimación de la composición corporal (**Tabla 1**) mostraron un porcentaje significativamente mayor de proteína y agua en las conejas adultas que en las jóvenes. El porcentaje de grasa no mostró diferencias significativas excepto en las conejas JQ que tendieron a mostrar un valor superior al de las conejas JC ( $p=0,072$ ), lo que podría indicar que la QUR puede mejorar las reservas energéticas al inicio de su vida útil. Esto es de gran interés pues podría influir positivamente en la fertilidad a la primera IA y a largo plazo, además de en la vida útil de la hembra, ya que se ha observado que las reservas energéticas de las conejas a la primera IA influyen en los resultados de la segunda IA (Taghouti *et al.*, 2021). El aumento en el porcentaje de agua en las conejas adultas podría indicar que éstas han movilizadas sus reservas energéticas sustituyendo parte de la grasa corporal por agua (Xiccato *et al.*, 2004), manteniendo niveles de energía al final de su vida útil similares a los de las jóvenes que están al inicio de la misma. A su vez, un mayor porcentaje de proteína corporal se ha relacionado con una mayor fertilidad y prolificidad en la coneja, ya que las concentraciones séricas de proteína y leptina están correlacionadas con la calidad de los folículos y oocitos (Taghouti *et al.*, 2021). Nuestros resultados indican que las conejas adultas mostraron un buen porcentaje de proteína al final de su vida útil, y que éste es superior al de las jóvenes, ya que éstas aún no habían alcanzado su peso máximo, y esto podría estar afectando al porcentaje de proteína corporal. Sin embargo, aunque las conejas jóvenes presentaron un menor porcentaje de proteína, este se encontraba dentro del rango fisiológico (18%) el cual permite alcanzar un elevado porcentaje de fertilidad en la primera IA (95,2%) (Taghouti *et al.*, 2021). Las conejas AQ mostraron un mayor porcentaje de cenizas que las JC, mostrando los otros grupos valores intermedios.

**Tabla 1.** Composición corporal.

	Grupo JC	Grupo JQ	Grupo AC	Grupo AQ
% grasa	4,60±3,16	7,14±0,55*	6,75±0,83	6,59±0,54
% agua	58,04±6,73 <sup>a</sup>	58,03±2,33 <sup>a</sup>	67,79±1,51 <sup>b</sup>	67,58±0,36 <sup>b</sup>
% cenizas	4,05±0,13 <sup>a</sup>	4,08±0,06 <sup>a,b</sup>	4,12±0,08 <sup>a,b</sup>	4,2±0,06 <sup>b</sup>
% proteína	19,04±0,27 <sup>a</sup>	19,07±0,27 <sup>a</sup>	20,18±0,14 <sup>b</sup>	20,30±0,20 <sup>b</sup>
Energía kJ/100g	651,88±188,79	792,58±30,99	763,78±63,50	772,23±15,25

Parámetros con letras diferentes muestran diferencias significativas entre grupos (humedad y proteína,  $p < 0,001$ ; cenizas  $p < 0,041$ ) y \* $p = 0,072$ . JC: jóvenes control, JQ: jóvenes con quercetina, AC: adultas control, AQ: adultas con quercetina.

El peso de los ovarios fue significativamente mayor en conejas adultas que en las jóvenes ( $p < 0,001$ ), no encontrando diferencias significativas entre grupos con o sin QUR (**Tabla 2**). Estos resultados son similares a los obtenidos con otros antioxidantes, como el té verde en esta especie (Baláži *et al.*, 2019).

**Tabla 2.** Parámetros ováricos estudiados y niveles séricos de progesterona.

	Grupo JC	Grupo JQ	Grupo AC	Grupo AQ
Peso medio ovario (g)	0,20±0,03 <sup>a</sup>	0,21±0,67 <sup>a</sup>	0,42±0,10 <sup>b</sup>	0,44±0,06 <sup>b</sup>
Cuerpos lúteos totales	12,83±3,76	14,83±3,92	12,60±3,21	12,33±2,16
Tasa de ovulación(%)	100	100	100	100
Tasa recuperación total (%)	69,02±36,42	82,25±20,86	74,38±24,55	84,62±11,54
Concentración P4	0,45±0,24 <sup>a</sup>	0,69±0,29 <sup>ac</sup>	1,23±0,47 <sup>b</sup>	1,10±0,16 <sup>bc</sup>

Grupos con letras diferentes muestran diferencias significativas entre ellos ( $p < 0,05$ ), JC: jóvenes control, JQ: jóvenes con quercetina, AC: adultas control, AQ: adultas con quercetina.

En todos los grupos ovuló el 100% de las conejas, sin observarse diferencias significativas ni en el número de CL ni en la tasa de recuperación de COCs. Los niveles séricos de P4 de las conejas adultas fueron mayores que los de las JC ( $p < 0,05$ ), pero las conejas del grupo JQ mostraron niveles inferiores a las de AC pero intermedios respecto a las de los grupos JC y AQ. La P4 es una hormona que se secreta por el CL y es fundamental para el desarrollo embrionario temprano y para mantener la gestación en la coneja. El aumento en la concentración sérica de P4 en las adultas puede ser debido a un mejor desarrollo de los CL en estas conejas. Los mayores niveles de P4 en las conejas JQ podrían estar relacionados con la función fitoestrogénica observada de la QUR, que aumenta la síntesis de ARNm y actividad de la proteína STAR fundamental para la esteroidogénesis (Chen *et al.*, 2007). Además, el mayor porcentaje de grasa de estas conejas podría influir en la concentración sérica de la leptina, aumentándola, lo que está relacionado con mayores niveles de P4 (Menchetti *et al.*, 2020).

En conclusión, la QUR no modifica el peso de las conejas jóvenes, aunque parece favorecer la composición corporal en el momento de su primera IA, ya que mejora el porcentaje de grasa corporal en este momento. Las conejas jóvenes suplementadas con QUR muestran valores de P4 similares a las adultas a las que se les administró QUR. Estos resultados podrían relacionarse con un aumento de la fertilidad en la primera IA y la mejora de la vida útil, aunque son necesarios más estudios a largo plazo para comprobar estos efectos. En las conejas adultas la QUR no parece influir en los parámetros estudiados.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2022-138223OB-I00) y Grupos UCM (920249). Los autores expresan su agradecimiento a la Dra. S. Gimeno-Martos y a B. Velasco Muñoz por su colaboración técnica.

## Bibliografía

Baláži A, Sirotkin AV, Földešiová M, Makovický P, Chrastinová L, Makovický P, Chrenek P. 2019. Green tea can suppress rabbit ovarian functions in vitro and in vivo. *Theriogenology* 127:72-79

BM Corp. 2022. IBM SPSS Statistics for Windows (Release 29.0.1.1). Armonk, NY, USA.

- Chen YC, Nagpal ML, Stocco DM, Lin T. 2007. Effects of genistein, resveratrol, and quercetin on steroidogenesis and proliferation of MA-10 mouse Leydig tumor cells. *J Endocrinol* 192(3):527-37
- Li Y, Yao J, Han C, Yang J, Chaudhry MT, Wang S, Liu H, Yin Y. 2016. Quercetin, Inflammation and Immunity. *Nutrients* 8(3):167
- Lorenzo PL, García-García RM, Árias-Álvarez M, Rebollar PG. 2014. Reproductive and nutritional management on ovarian response and embryo quality on rabbit does. *Reprod Domest Anim* 49 Suppl 4:49-55
- Menchetti L, Andoni E, Barbato O, Canali C, Quattrone A, Vigo D, Codini M, Curone G, Brecchia G. 2020. Energy homeostasis in rabbit does during pregnancy and pseudopregnancy. *Anim Reprod Sci* 218:106505
- Naseer Z, Ahmad E, Epikmen ET, Uçan U, Boyacıoğlu M, İpek, Akosy M. 2017. Quercetin supplemented diet improves follicular development, oocyte quality, and reduces ovarian apoptosis in rabbits during summer heat stress. *Theriogenology* 96:136-141
- Pereda N, Rebollar PG, Schwarz BF, Arias-Alvarez M, Revuelta L, Lorenzo PL, Nicodemus N. 2007. Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de Impedancia Bioeléctrica (BIA). Parte II: Ecuaciones de Predicción. *II Congreso Ibérico de Cunicultura. Vila Real, Portugal, pp 17-20.*
- Rommers JM, Meijerhoft R, Noordhuizen JP, Kemp B. 2002. Relationships between body weight at first mating and subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of rabbit does. *J Anim Sci* 80(8):2036-42.
- Sakr O, Garcia-Garcia RM, Arias-Álvarez M, Millan P, Lorenzo PL, Rebollar PG. 2010. Body reserves and ovarian performance in primiparous lactating rabbit does submitted to early weaning as a strategy to decrease energy deficit. *Anim Reprod Sci* 121:294-300.
- Taghouti M, García J, Ibáñez MA, Macchiavelli RE, Nicodemus N. 2021. Relationship between Body Chemical Composition and Reproductive Traits in Rabbit Does. *Animals (Basel)* 11(8):2299
- Xiccato G, Trocino A, Sartori A, Queaque PI. 2004. Effect of parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livest Prod Sci* 85(2-3):239-251.

# Efecto de la profundidad de inserción de la cánula de inseminación en la fertilidad y prolificidad de conejas no lactantes sin el uso de análogos GnRH

*Effect of the depth of insertion of the insemination cannula on the fertility and prolificacy of non-lactating rabbits without the use of GnRH analogues*

**Castillo JJ<sup>1</sup>, Viudes-de-Castro MP<sup>1</sup>, Marco-Jiménez F<sup>2</sup>, Vicente JS<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. 12400 Segorbe, España.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia, España

<sup>\*</sup>Castillo\_juadia@gva.es

## Resumen

Cuando se lleva a cabo la Inseminación Artificial (IA) en conejas, se recurre a la inducción de la ovulación mediante análogos de GnRH. Sin embargo, se ha observado que algunas hembras son capaces de ovular en respuesta a estímulos físicos como el que se produce al introducir la cánula de inseminación. El propósito de este estudio fue determinar cómo la profundidad de la cánula afecta al estímulo de ovulación, la tasa de ovulación y el tamaño de la camada. Los resultados demostraron que la inducción de la ovulación y consecuentemente la fertilidad al parto fue significativamente mayor cuando la cánula se insertó a una profundidad de 15 cm en comparación con 5 cm, alcanzando un 67% de partos y tamaños de camada similares al control. Por lo que es posible concluir que la introducción de la cánula es responsable de que un porcentaje elevado de conejas no lactantes ovulen sin necesidad de utilizar factores endocrinos exógenos, y es probable que el tipo de cánula, profundidad y modo de inseminación permitan en el futuro eliminar o reducir el grupo de conejas inseminadas que deben ser estimuladas a ovular mediante análogos de GnRH, mejorando el bienestar animal y aumentando la bioseguridad de la inseminación artificial.

**Palabras clave:** Ovulación inducida, cánula de inseminación, conejos.

## Abstract

When performing Artificial Insemination (AI) in rabbits, ovulation induction typically relies on the administration of GnRH analogues. However, it has been observed that some females exhibit ovulatory responses to physical stimuli, such as the insertion of the insemination catheter. The aim of this study was to determine how the depth of the catheter affects ovulation stimulation, ovulation rate, and litter size. The results demonstrated that ovulation induction and, consequently, fertility at birth were significantly higher when the catheter was inserted to a depth of 15 cm compared to 5 cm, reaching a 65% birth rate and litter sizes similar to the control. Therefore, it is possible to conclude that the introduction of the catheter is responsible for a high percentage of non-lactating rabbits ovulating without the need to use exogenous endocrine factors, and it is likely that the type of catheter, depth, and mode of insemination will allow for the future elimination or reduction of the group of inseminated rabbits that need to be stimulated to ovulate through GnRH analogues, improving animal welfare and increasing the biosecurity of artificial insemination.

**Keywords:** ovulation induction, insemination cannula, rabbit.

## Introducción

Los conejos son una especie de ovulación inducida por lo que necesitan el estímulo producido por el coito para liberar GnRH y provocar un aumento de LH que desencadene la ovulación (Bakker y Baum, 2000). Se sabe que los conejos son más sensibles a los estímulos físicos que otras especies de ovulación inducida, ya que se requiere necesariamente una estimulación genital adecuada u otros estímulos relacionados con el apareamiento para que se desencadene la ovulación. Cuando se realiza la IA en conejas se induce la ovulación por medio de la aplicación intramuscular o subcutánea de análogos de GnRH. Aun así, existen distintas

situaciones en las que las hembras ovulan sin haber sido montadas por un macho, como el caso de la monta de una hembra en celo por otra hembra (pseudomonta) en conejas alojadas en grupo (Staples, 1967; Roomers *et al.*, 2006) o hembras que ovulan sin que se apliquen análogos de GnRH, como con la introducción de la cánula de inseminación (Viudes de Castro *et al.* 2007 y 2017). Esto concuerda con los resultados de Rebollar *et al.* (2012) en hembras a las que se les bloqueó el estímulo nervioso mediante anestesia epidural, observando que en ausencia del estímulo vaginal no se desencadenaba la ovulación, lo que recalca la importancia de la estimulación física en esta especie. Maranesi *et al.* (2018 y 2021) proponen que el estímulo mecánico que se produce durante el coito o la introducción de la cánula de inseminación en las regiones vaginal/uterocervical junto con la vía paracrina de factores endocrinos presentes en el plasma seminal a nivel del útero/cuello uterino como dos vías complementarias que facilitan la ovulación de la coneja. El objetivo de este estudio fue determinar cómo afecta la profundidad de la introducción en la estimulación para inducir la ovulación, tasa de ovulación y tamaño de camada.

## Material y métodos

Se utilizaron 89 hembras y 10 machos de origen neozelandés blanco (línea A) alojados en la granja experimental de la Universidad Politécnica de Valencia, código de autorización de experimentación animal de los procedimientos del proyecto 2021-VSC-PEA-0270. Las cánulas de inseminación fabricadas en silicona tenían un grosor máximo de 7 mm, colocando un anillo de silicona de 1cm de diámetro para delimitar la profundidad de inserción de la cánula a 5 (P5) y a 15 cm (P15). En el primer experimento, 9 conejas nulíparas por grupo (P5 y P15) sincronizadas 48h antes con 10-15 UI de eCG vía intramuscular fueron estimuladas a ovular, insertando la cánula de inseminación 5 o 15 cm en la vagina y depositando 0,5 ml de suero salino en la vagina. Doce días después se realizó una laparoscopia de acuerdo con el procedimiento descrito por Santacreu *et al.* (1990) para observar la presencia y el número de cuerpos lúteos en los ovarios. En el segundo experimento un total de 71 hembras adultas no lactantes sincronizadas 48h antes con 10-15 UI de eCG vía intramuscular fueron inseminadas, introduciendo la cánula 5 o 15 cm y depositando una dosis de semen de 0,5 ml. Las dosis seminales se elaboraron con una mezcla de eyaculados de, al menos 5 machos, con más del 70% de movilidad espermática y menos del 20% de espermatozoides anormales. La mezcla heteroespérmica fue diluida con Tris-cítrico-glucosa (Viudes *et al.*, 1997) hasta una concentración de en torno a 40-50 millones/ml. Se registraron los datos de fertilidad a los 12 días mediante palpación abdominal y los tamaños de camada al parto y al destete. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS 23.0 (IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.). El análisis del efecto de la profundidad de introducción de la cánula sobre la inducción de la ovulación y sobre la fertilidad al parto se llevaron a cabo mediante una prueba Chi-cuadrado con corrección Yates. Mientras que la tasa de ovulación y el tamaño de la camada fueron analizados mediante un análisis de varianza.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el primer experimento (**Tabla 1**) muestran que la inducción de la ovulación sobre hembras fue significativamente mayor cuando la cánula fue introducida 15cm (P15, 67,7% frente a 22,2% de P5) y en lo que se refiere a la tasa de ovulación, esta no se vió afectada por la profundidad, no observándose diferencias significativas. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Viudes de Castro *et al.* (2017) donde un 64% fueron inducidas a ovular utilizando dos modelos de cánula comerciales de diferente longitud y material. Los resultados obtenidos en el segundo experimento (**Tabla 2**) muestran que la fertilidad a 12 días fue significativamente mayor cuando la cánula se introduce 15 cm frente a 5 cm, no observándose diferencias significativas sobre el tamaño de camada al nacimiento y al destete. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el primer experimento y muestran que el estímulo producido por la introducción de estas cánulas es suficiente para desencadenar la ovulación casi en un 65% de las conejas no lactantes (**Tabla 2**). Como sugieren Maranesi *et al.* (2018 y 2021) y Viudes de Castro *et al.* (2007 y 2017) los componentes del plasma seminal de las dosis de inseminación no parecen aportar una mejora en la respuesta, ya que los resultados en términos de inducción de la ovulación del primer ensayo y la tasa de fertilidad del segundo son similares.

**Tabla 1.** Efecto de la profundidad de la cánula sobre la inducción de la ovulación y el número de cuerpos lúteos

Profundidad	N	Inducción de la ovulación (%)	Numero de cuerpos lúteos por coneja
P5	9	22,2 <sup>x</sup>	10,5 ± 0,71
P15	9	67,7 <sup>y</sup>	11,2 ± 2,62
Total	18	44,4	11,0 ± 2,27

Medias ±error estándar  
Valores con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente (P<0,1).  
(N) número de conejas

**Tabla 2.** Efecto de la profundidad de la cánula sobre la inducción de la ovulación y el tamaño de camada.

Profundidad	Fertilidad (%)	Nacidos Totales	Nacidos Vivos	Nacidos Destetados
<b>P5</b> <b>(34)</b>	11,7 <sup>a</sup> (4)	9,3 ± 3,79 (3)	9,3 ± 3,79 (3)	8,0 ± 3,60 (3)
<b>P15</b> <b>(37)</b>	64,9 <sup>b</sup> (24)	11,7 ± 2,78 (22)	10,7 ± 1,91 (20)	
<b>Total</b> <b>(71)</b>	39,4 (28)	11,4 ± 2,93 (25)	10,5 ± 2,14 (25)	9,5 ± 1,90 (23)

Medias mínimas cuadradas ±error estándar  
Valores con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente (P<0,05).  
(n) Numero de conejas

Componentes como el beta-NGF podrían tener un rol secundario, al igual que en otras especies (Adams et al., 2008; Ratto et al., 2023; Gajardo et al., 2023), en las que se ha demostrado un efecto angiogénico sobre folículos y cuerpos lúteos que podrían ayudar en el proceso de ovulación y desarrollo del cuerpo lúteo, siempre y cuando, el estímulo de la monta y el nivel de 17beta-estradiol fueran apropiados. Estos resultados demuestran que se podría diseñar una cánula de dimensiones y material adecuados que desencadenen eficientemente la ovulación en el proceso de inseminación sin necesidad de añadir factores endocrinos exógenos desencadenantes de la ovulación o reduciendo notablemente su concentración. Todo ello supondría una mejora del bienestar animal además de facilitar el manejo y aumentando la bioseguridad de la inseminación artificial.

## Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto I+D+i PID2021 127867OB I00 financiado por MCIN AEI/10.13039/501100011033/ y FEDER "Una manera de hacer Europa". Ayuda PRE2022 104572 financiada MCIN/AEI/ 10.13039/501100011033 FSE+ "Invierte en tu futuro".

## Bibliografía

- Adams GP, Jaiswal R., Singh J., Malhi P. 2008. *Progresos en la comprensión de la dinámica folicular ovárica en el ganado vacuno. Teriogenología* 69 (1), 72-80.
- Bakker J, Baum MJ. (2000). *Neuroendocrine regulation of GnRH release in induced ovulators. Frontiers in neuroendocrinology* 21(3), 220-262.
- Gajardo G, Paiva L, Ulloa-Leal C, Valderrama X, López G, Carrasco, A., ... Ratto, MH 2023. *La administración del factor de crecimiento nervioso beta durante la etapa preovulatoria mejora la función endocrina y lútea en novillas lecheras. Animales*, 13(6), 1004.
- Maranesi M, Petrucci L, Leonardi L, Piro F, Rebollar PG, Millán P, ... Zerani M. 2018. *Nuevos conocimientos sobre una vía mediada por NGF para inducir la ovulación en conejos (Oryctolagus cuniculus). Biología de la reproducción* 98(5), 634-643.
- Maranesi M, Boiti C, Zerani M. 2021. *Nerve growth factor (NGF) and animal reproduction. Recent Advances in NGF and Related Molecules: The Continuum of the NGF "Saga"*, 277-287.

- Ratto MH, Paiva L, Carrasco R, Silva ME, Ulloa-Leal C, Ratto VF, Goicochea J. 2023. Revelando el efecto del factor de crecimiento nervioso beta sobre la función reproductiva en llamas y vacas. *Animl*, 17, 100754.
- Rebollar PG, Dal Bosco A, Millán P, Cardinali R, Brecchia G, Sylla L, ... Castellini C. 2012. Ovulating induction methods in rabbit does: the pituitary and ovarian responses. *Theriogenolog*, 77(2), 292-298.
- Rommers JM, Boiti C, De Jong I, Brecchia G. 2006. Performance and behaviour of rabbit does in a group-housing system with natural mating or artificial insemination. *Reproduction Nutrition Developmen*, 46(6), 677-687.
- Santacreu MA, Viudes-de-Castro MP, Blasco A. 1990. Évaluation par celioscopie des corps jaunes et des embryons et influence de cette technique sur la taille de portée. *Reprod. Nutr. Dev.* 30, 583-588.
- Staples RE. 1967. Behavioural induction of ovulation in the oestrous rabbit. *Reproductio*, 13(3), 429-435.
- Viudes-de-Castro MP, Vicente JS. 1997. Effect of sperm count on the fertility and prolificity rates of meat rabbits. *Animal Reproduction Scienc*, 46(3-4), 313-319.
- Viudes-De-Castro MP, Lavara R, Marco-Jiménez F, Cortell C, Vicente JS. 2007. Ovulation induced by mucosa vaginal absorption of buserelin and triptorelin in rabbit. *Theriogenology* 68(7), 1031-1036.
- Viudes-De-Castro MP, Casares-Crespo L, Marco-Jiménez F, Vicente JS. 2017. Efecto del estímulo físico de la cánula de inseminación sobre la inducción de la ovulación en coneja. In XVI Jornadas sobre Producción Animal (pp. 380-382).

# ALOJAMIENTOS Y BIENESTAR

---

**Impacto productivo y sanitario del alojamiento en parques grupales de conejas reproductoras**

Pascual M, Sánchez JP, Piles M

**Los riesgos del alojamiento conjunto de hembras gestantes en corrales enriquecidos**

Marco-Jiménez F, García-Valero L, Perez-Baena I, Lorenzo-Rebenaque L, Viudes-de-Castro MP, Vicente JS

**Una variante del sistema italiano de celda enterrada para integrar la cunicultura en plantaciones frutales**

Meini F, González-Redondo P, Finzi A

**Comportamiento de hembras Nueva Zelanda Blanco durante la fase de lactancia y desempeño de los gazapos en Brazil**

Leite SM, Stevanato GG, Gasque JPN, Oliva N, Almeida MR, Vargas MD, Ribeiro LB, Castilha LD

**Respuesta al estrés agudo con y sin estrés térmico mediante termografía de infrarrojos en el globo ocular**

Serrano-Jara D, Agea I, Argente MJ, García ML

# Impacto productivo y sanitario del alojamiento en parques grupales de conejas reproductoras

*Productive and sanitary impact of housing females in collective parks*

**Pascual M\*, Sánchez JP, Piles M**

Programa de Genética y Mejora Animal, IRTA, 08140, Caldes de Montbui, España

\**maria.pascual@irta.es*

## Resumen

El estudio tiene como objetivo analizar la productividad y estado sanitario de conejas reproductoras en un sistema de parque en grupo elaborado mediante la modificación de jaulas. En 4 módulos de 5 jaulas (en total, 20 plazas) se retiró el techo, se prolongaron las paredes, y se cubrió el 80% del suelo con reposapatillas de plástico. Además, se recortaron las paredes entre plazas del mismo módulo, habilitando una trampilla que se podía tanto dejar abierta para permitir el paso de animales como cerrada para impedirlo. Durante seis bandas, 40 reproductoras se reprodujeron en los parques (20 reproductoras, 5 reproductoras por parque; grupo P) y en jaulas individuales (20 reproductoras, grupo J). Todas las hembras se inseminaron a los 11 días postparto y se destetaron a los 35 días postparto. En el grupo P, la zona de paso se mantuvo cerrada desde los 7 días preparto hasta los 7 días postparto, para mantener a las conejas en alojamiento individual durante el periparto. El grupo P mostró, en general, menores valores de fertilidad (entre 21,1 y 85,0% en grupo P vs. entre 66,7 a 100% en grupo J), nacidos vivos por parto (entre 7,26 y 9,86 en grupo P vs. entre 8,06 y 12,5 en grupo J), y destetados por parto (entre 4,72 y 8,45 en grupo P, y entre 7,79 a 8,50 en grupo J). Al final del estudio, las hembras del grupo P mostraron en general peor condición sanitaria, mostrando un 40,0% bajo peso en grupo P frente al 6,3% en grupo J. Los resultados observados indican que el sistema en grupo testado reduce la productividad e incide negativamente sobre el estado sanitario de las conejas.

**Palabras clave:** productividad, estado sanitario, parques, reproducción en grupo.

## Abstract:

The productivity and sanitary status in rabbit does in a handmade park was tested. A total of 4 parks (5 places per park) were constructed from 4 modules of 5 cages with platform, by removing the ceilings, enlarging the walls, covering 80% of the flat with plastic grid foot rest, and cutting walls between places of the same park to enable a trapdoor that would allow/restrict movement between places. For 6 reproductive cycles, 20 females were allocated in 4 parks (5 females per park; group P) and 20 in individual cages (group J). All the females were inseminated at 11 days postpartum and weaned at 35 days postpartum. In group P, the trapdoor was closed between 7 days prepartum and 7 days postpartum, to house individually the females during peripartum. Group P had, in general, lower results in fertility (from 21.1 to 85.0% in group P vs. from 66.7 to 100% in group J), number of born alive per kindling (from 7.26 to 9.86 in group P vs. from 8.06 to 12.5 in group J), and number of weaned per kindling (from 4.72 to 8.45 in group P vs. from 7.79 to 8.50 in group J). Moreover, at the end of the study, females in group P had lower sanitary status, with low weight in 40.0% of the females vs. 6.7% in group J. Results show that the park affects negatively both productivity and health status of the rabbit does.

**Keywords:** productivity, health status, parks, collective reproduction.

## Introducción

La Unión Europea, como respuesta a las peticiones del movimiento "End the Cage Age", tiene previsto revisar las condiciones de cría de los animales de abasto que se mantienen en jaulas. Esto parece ser que ocurrirá a partir de 2027, y una posibilidad en cunicultura pudiera ser reemplazar las jaulas actuales por parques. La implantación de nuevos sistemas de alojamientos en cunicultura puede suponer un coste de inversión

notorio para un sector que atraviesa una crisis severa, generada en gran medida por los elevados precios del pienso y por el impacto inicial que están teniendo las nuevas normativas relativas a la reducción de uso de antibióticos. El movimiento "End the Cage Age" recoge la inquietud de una parte de la sociedad europea fuertemente concienciada con el bienestar y la salud de los animales, que presupone que con los sistemas de cría colectivos la hembra se beneficiará de un contacto social entre coetáneas. Sin embargo, en la comunidad científica hemos encontrado claras evidencias científicas de que el alojamiento en grupo de las madres tiene efectos negativos (Buijs *et al.*, 2015; Szendro *et al.*, 2013; Van Damme *et al.*, 2023), poniéndose de manifiesto claros aumentos de la agresividad en el periparto, y reduciéndose tanto la productividad como el propio bienestar de los animales (Zomeño *et al.*, 2018).

Los sistemas propuestos hasta la fecha suponen un cambio importante en el diseño de la jaula por lo que su implementación supondría un alto coste y una mayor adaptación de las madres. En el estudio que presentamos, hemos diseñado un sistema de parques que requiere una mínima actuación sobre las jaulas actuales de dos pisos con objeto de reducir costes y facilitar que las mismas plazas puedan ser utilizadas en los periodos en los que se requiera aislar a las madres. El objetivo es comprobar si los resultados desfavorables obtenidos hasta la fecha por distintos grupos de investigación se mantienen, lo que proporcionaría argumentos adicionales en contra de esta medida, algo más desligados del coste de las inversiones. Para ello, en este trabajo, mostraremos resultados sobre los efectos del sistema sobre la productividad y estado sanitario de las hembras reproductoras.

## Material y métodos

El estudio se realizó en una nave experimental del IRTA. Se utilizaron 8 módulos de 5 jaulas cada uno (en total, 40 jaulas). Las jaulas eran de 45x96x82 cm (ancho, profundidad, altura) y estaban dotadas de plataforma de 45x35,5 cm (ancho, profundidad). Cuatro de los módulos (i.e., 20 jaulas) fueron transformados en cuatro parques. Para ello, se retiró el techo de cada plaza y se añadió pared de alambre a la parte superior de las paredes para aumentar la altura del alojamiento. Así mismo, se cubrió el 80% del suelo con reposapatas (con tiras de plástico de 1,40 cm de ancho y separación de 1,45 cm), dejando libre las zonas más cercanas a las paredes del alojamiento y la zona que ocupa la zona caudal del animal cuando está en el comedero. Finalmente, se recortó un área de 35,5cm ancho x 29 cm de altura de las paredes contiguas del mismo módulo, habilitando la pieza cortada como puerta de comunicación entre las plazas, de manera que dejándola abierta el parque se podía usar como sistema de cría en grupo y cerrándola se permitía la cría individual. Los 4 módulos restantes (i.e., 20 jaulas) no se modificaron, colocando en cada jaula un reposapatas de 24,5x37cm en el piso inferior y en posición perpendicular al pasillo de la granja.

Se utilizaron un total de 40 hembras reproductoras de la línea Prat (Gómez *et al.*, 2022), seleccionada desde 1992 por tamaño de camada y utilizada habitualmente en granjas de producción de conejo de carne. Las hembras se inseminaron por primera vez a las 18 semanas de vida y se trasladaron a las plazas del experimento 7 días antes del parto, alojando 20 hembras en plazas de parque (grupo P) y 20 en plazas de jaula (grupo J). Durante el estudio, todas las hembras siguieron el mismo manejo reproductivo, con inseminación a los 11 días postparto y destete de gazapos a los 35 días de vida. Las camadas se igualaron a los 3 días postparto a 9 o 10 gazapos por hembra parida, dependiendo de la banda. En las plazas de las hembras del grupo P, en cada ciclo, se cerraba la trampilla durante el periodo de periparto (i.e., de los 7 días antes del parto a los 7 días postparto) y se abría de los 7 días postparto a los 7 días preparto, coincidiendo así el cierre de la trampilla con el momento del destete. Durante seis bandas se controló la fertilidad, el número de nacidos vivos y destetados, el peso de las hembras al parto, a los días 7 postparto y al destete, así como el peso de las camadas al nacimiento y el peso individual de los gazapos al destete. A los 35 días postparto de la última banda, el veterinario realizó una evaluación del estado sanitario de las hembras.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando R. El efecto del alojamiento sobre la fertilidad de cada ciclo y sobre los caracteres relativos al estado sanitario de las conejas al final del estudio se estimó realizando la prueba exacta de Fisher. El efecto sobre los nacidos vivos en cada parto se estimó con un modelo mixto que consideraba los efectos fijos de tipo de alojamiento (parque o jaula), banda (B1 a B6) y la interacción entre ellos, además de la hembra como efecto aleatorio. Este mismo modelo mixto añadiéndole el número de nacidos vivos como covariable fue el que se usó para estudiar el efecto del alojamiento sobre el peso medio de los gazapos al nacimiento, el peso de la hembra al parto, y el peso de la hembra a los 7 días postparto. El efecto sobre el peso de la hembra al destete, i.e. a los 35 días postparto se estimó con el mismo modelo mixto sin covariable, pero corrigiendo por el estado fisiológico de la hembra (preñada vs. no preñada). Finalmente, el número de destetados se analizó con un ANOVA con los efectos fijos alojamiento, banda y su interacción. No

se consideró el modelo mixto con el efecto permanente hembra porque en el caso del grupo P las camadas se mezclaban a los 7 días de vida, no pudiendo identificar a la madre de cada gazapo.

## Resultados y discusión

En general, las hembras alojadas en parques mostraron valores inferiores de fertilidad, número de nacidos vivos y destetados por parto (**Tabla 1**). Es importante recalcar que estos resultados desfavorables en los parques implican entre el 16,5 y el 50,4% de reducción en número de destetados por hembra reproductora, dependiendo del ciclo. La bajada de producción en sistemas de alojamiento en grupo ya ha sido observada en otros trabajos (Braconnier *et al.*, 2020; Dal Bosco *et al.*, 2019), y es debida principalmente al aumento de agresividad entre las conejas y de las conejas hacia los gazapos.

El efecto de la reproducción en grupo fue especialmente notable en la segunda banda: las hembras alojadas en jaula mostraron una fertilidad menor que en otras bandas, tal como se ha observado previamente en hembras de segundo parto (Castellini *et al.*, 2010). Sin embargo, las hembras alojadas en parques mostraron valores de fertilidad significativamente menores (25%). Además, los valores de prolificidad fueron claramente inferiores en las hembras en parque (7,26 vs. 12,50 en jaula), siendo la media de los animales en parque un valor claramente anormal para la línea Prat (9,4 de media entre 1992 y 2020, según Pascual *et al.*, 2020; 10,3 de media en 2023 en su población de procedencia, tras el proceso de selección por tamaño de camada - Oscar Perucho, comunicación personal). Dada la anómala fertilidad y prolificidad de las hembras en parques en el ciclo segundo se ha optado por no analizar los caracteres posteriores al parto, i.e. pesos de camada y coneja, y prolificidad al destete, en esta segunda banda.

Los dos tipos de alojamientos testados diferían en tres características: el tipo de suelo, la presencia de techo, y la posibilidad de alojar las hembras en grupo. Los resultados indican que las diferencias observadas entre los dos grupos serían debidas principalmente a la posibilidad de reproducción en grupo, ya que las variables en las que se observan diferencias son aquellas que se pueden ver afectadas por este factor. Así, desde el inicio del estudio hasta el día 7 postparto de la primera banda, las hembras de ambos grupos estuvieron en plazas individuales y no se observaron diferencias en fertilidad ni en peso de los gazapos al nacimiento. Sin embargo, en posteriores bandas, las hembras eran inseminadas 4 días después de que las hembras del parque pasaran a estar en grupo. De esta forma, las hembras del parque son inseminadas cuando aún están estableciendo sus jerarquías (hasta los seis días post reagrupación, según Munari *et al.*, 2020), y se obtuvieron valores de fertilidad menores en las hembras del parque que en las de las jaulas (siendo diferencias significativas solo en el caso de las bandas 2 y 3).

**Tabla 1.** Efecto del tipo de alojamiento sobre los caracteres (re)productivos de hembras alojadas en parque (P) o jaula (J) durante seis bandas de reproducción (B1 a B6).

	B1		B2		B3		B4		B5		B6		p-valor Aloj
	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	
n	20	20	19	18	19	18	19	18	19	18	18	17	
F <sup>1</sup>	85,0	85,0	21,1 <sup>a</sup>	66,7 <sup>b</sup>	52,6 <sup>a</sup>	100,0 <sup>b</sup>	57,9	72,2	57,9	83,3	61,1	76,5	-
NVP	7,56	8,06	7,26 <sup>a</sup>	12,50 <sup>b</sup>	9,86	10,04	8,57	9,68	8,90	11,17	9,37	9,02	0,076
PGaz1	55,2	55,7	71,3 <sup>a</sup>	60,5 <sup>b</sup>	64,7	64,5	57,7	63,9	58,8	60,6	66,9	63,0	0,908
PRrepr1	3,70	3,68	4,01	3,81	3,97	4,04	4,11	4,10	4,00	4,10	4,05	4,26	0,496
PRrepr7	4,06	3,93	-	-	4,27	4,28	4,17	4,24	4,22	4,27	4,28	4,37	0,673
PRrepr35	3,85	3,85	-	-	4,23	4,31	4,13	4,27	4,11 <sup>a</sup>	4,48 <sup>b</sup>	4,37	4,52	0,016
PGaz35	723	685	-	-	880	896	808	807	735	782	841	824	0,317
NDP	4,72 <sup>a</sup>	7,79 <sup>b</sup>	-	-	7,7	8,50	6,73	8,45	8,27	8,40	8,45	8,17	0,001

1 valores con diferente superíndice indica diferencias significativas dentro de ciclo ( $p < 0,05$ ); F: fertilidad; NVP: nacidos vivos por parto; PGaz1: peso medio por gazapo al parto (g); PRrepr1: peso de la reproductora al parto (kg); PRrepr7: peso de la reproductora a los 7 días postparto (kg); PRrepr35: peso de la reproductora a los 35 días postparto (kg); PGaz35: peso de los gazapos a los 35 días postparto (g); NDP: número de gazapos destetados por parto.

Ya existen otros trabajos que indican que las hembras se deben proteger del contacto con otras hembras durante el periparto (Braconnier *et al.*, 2020; Munari *et al.*, 2020; Rommers *et al.*, 2014). El rango de días que debe considerarse este periparto es controvertido y ha sido estudiado por muchos autores (Braconnier *et al.*, 2020). Por un lado, periodos cortos de protección durante el periparto permite que la hembra esté el mínimo tiempo aislada de otras reproductoras, pero aumenta la agresividad y reduce la productividad. Por otro lado, periodos largos protegen a la coneja y su productividad. En este estudio, se consideró un periodo periparto corto, de forma que la coneja estuviera protegida desde el día 7 antes del parto, para evitar interacciones agresivas en avanzado estado de gestación, y se pasó a alojamiento en grupo a los 7 días postparto, para minimizar el tiempo en que los animales no estaban en grupo. Este estudio está dentro de un proyecto en el que se testará un periodo periparto largo en otro lote de animales, para obtener estimaciones del impacto económico y productivo en función del tipo de periparto.

El porcentaje de muertas o eliminadas no se vio significativamente afectado por el tipo de alojamiento (**tabla 2**). Sin embargo, al final del periodo de estudio las hembras alojadas en los parques mostraron peores condiciones sanitarias que las alojadas en jaulas. En los parques, casi la mitad de las hembras (40,0%) fueron diagnosticadas con bajo peso, en concordancia con los resultados de peso a los 35 días mostrados en la **tabla 1**.

En conclusión, podemos decir que las conejas alojadas en parques tuvieron peores resultados productivos y presentaron peor estado sanitario al final del estudio que las hembras alojadas en jaulas debido a las agresiones producidas entre ellas, lo que supone claramente un empeoramiento de su bienestar.

**Tabla 2.** Bajas a lo largo del ciclo e incidencias sanitarias al final del estudio en reproductoras alojadas en parques (P; n=15) y jaulas (J; n=16).

	P	J	p-valor
Muertas o eliminadas (%) <sup>1</sup>	25,0	20,0	0,999
Principios de mamitis (%) <sup>2</sup>	20,0	6,3	0,333
Bajo peso (%) <sup>2</sup>	40,0	6,3	0,037
Lesión en vulva (%) <sup>2</sup>	13,3	6,3	0,060
Principio de mocos (%) <sup>2</sup>	33,3	33,3	0,999

<sup>1</sup> n=20 (grupo P) y n=20 (grupo J).  
<sup>2</sup> n=15 (grupo P) y n=16 (grupo J).

## Agradecimientos

Este estudio ha podido ser realizado gracias a la ayuda del personal de granja: Oscar Perucho, Pere Alsina, Carmen Requena y Queralt Estruch. Actividad financiada a través de la Operación 01.02.01 de Transferencia Tecnológica del Programa de desarrollo rural de Cataluña 2014-2022.

## Bibliografía

- Braconnier M, Gómez Y, Gebhardt-Henrich SG. 2020. Different regrouping schedules in semi group-housed rabbit does: Effects on agonistic behaviour, stress and lesions. *Appl Anim Behav Sci* 228: 105024.
- Buijs S, Maertens L, Hermans K, Vangeyte J, Tuytens FAM. 2015. Behaviour, wounds, weight loss and adrenal weight of rabbit does as affected by semi-group housing. *Appl Anim Behav Sci* 172: 44-51.
- Castellini C, Dal Bosco A, Arias-Álvarez M, Lorenzo PL, Cardinali R, Rebollar PG. 2010. The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: A review. *Anim Repr Sci* 122(3-4): 174-182.
- Dal Bosco A, Mugnai C, Martino M, Szendrő Z, Mattioli S, Cambiotti V, Cartoni Mancinelli A, Moscati L, Castellini C. 2019. Housing rabbit does in a combi system with removable walls: effect on behaviour and reproductive performance. *Animals* 9(8), 528.
- Gómez EA, Rafel O, Ramon J, Khalil MH, Baselga M. 2002. The Prat strain (Spain). *Options Méditerranéennes, Série B: Etudes et Recherches*, 38, 203-208.
- Munari C, Mugnai C, Braconnier M, Toscano MJ, Gebhardt-Henrich SG. 2020. Effect of different management protocols for grouping does on aggression and dominance hierarchies. *Appl Anim Behav Sci* 227: 104999.
- Pascual M, Peiró R, Sánchez JP, Perucho O, Piles M. 2020. Respuesta correlacionada en caracteres reproductivos durante la lactación en una línea seleccionada por tamaño de camada al destete. En: *WebiASESCU 2020*, pp. 8-9.

- Szendrő Z, Mikó A, Odermatt M, Gerencsér Z, Radnai I, Dezséry B, Garay E, Nagy I, Szendrő K, Matics, Z. 2013. Comparison of performance and welfare of single-caged and group-housed rabbit does. *Animal* 7(3): 463-468.
- Van Damme LG, Ampe B, Delezie E, Tuyttens FA. 2023. Effects of group size and cage enrichment on social behaviour and skin injuries of breeding rabbits housed part-time in group. *Animal* 17(6): 100850.
- Zomeño C, Birolo M, Gratta F, Zuffellato A, Xiccato G, Trocino A. 2018. Effects of group housing system, pen floor type, and lactation management on performance and behaviour in rabbit does. *Appl Anim Behav Sci* 203: 55-63.

# Los riesgos del alojamiento conjunto de hembras gestantes en corrales enriquecidos

*The risks of collective housing of pregnant females in enriched parks*

**Marco-Jiménez F<sup>1\*</sup>, García-Valero L<sup>1</sup>, Perez-Baena I<sup>1</sup>, Lorenzo-Rebenaque L<sup>1</sup>, Viudes-de-Castro MP<sup>2</sup>, Vicente JS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, 46022, Valencia, España

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (CITA-IVIA), Polígono La Esperanza n° 100, 12400 Segorbe, España

\*fmarco@dca.upv.es

## Resumen

En la sociedad actual, existe una creciente preocupación por el bienestar de los animales de granja. Esta tendencia se vió reflejada en la aprobación de la Iniciativa Ciudadana "End of the Age of the Cage" por el Parlamento Europeo en junio de 2021, destacando la necesidad de nuevos modelos de cría de conejos, que eviten el uso de jaulas. Con este contexto, nuestro estudio se enfocó en evaluar el efecto del alojamiento conjunto de hembras reproductoras en corrales enriquecidos sobre su comportamiento, bienestar y eficiencia reproductiva. Se diseñó un corral de 5,6 m<sup>2</sup> con suelo slats y paredes de PVC, donde se mantuvieron 4 hembras y 1 macho como grupo familiar a lo largo de 4 partos. Es relevante mencionar que no se detectaron signos de agresividad, como lesiones, ni lesiones en las patas. Se observó una mejora en la socialización entre las hembras, pero también emergieron comportamientos de dominancia que resultaron en intervalos entre partos más prolongados. El tamaño de camada fue similar al de la jaula convencional (10,1±0,67 vs. 9,2±0,67). No se observaron diferencias en el peso de los gazapos ni en la mortalidad. La productividad media por coneja fue de 8,9 vs 10,2 gazapos para el corral vs a la jaula. En conclusión, un corral que ofrece una superficie de 1,12 m<sup>2</sup> por animal es capaz de alcanzar una productividad media por coneja similar a la obtenida bajo un régimen semi-intensivo en jaulas convencionales.

**Palabras clave:** *Oryctolagus cuniculus*, Bienestar animal, Alojamiento grupal.

## Abstract

In the current societal landscape, there is an escalating concern for the welfare of farm animals. This trend was manifested in the ratification of the "End of the Age of the Cage" Citizen's Initiative by the European Parliament in June 2021, underscoring the need for innovative rabbit breeding models that circumvent the use of cages. In this milieu, our study was directed at assessing the impact of communal housing of breeding females in enriched pens on their behavior, welfare, and reproductive efficiency. A pen spanning 5.6 m<sup>2</sup>, equipped with slatted floors and PVC walls, was constructed. This enclosure housed four females and one male as a family group across four birthing cycles. Notably, no signs of aggressive behavior such as injuries or paw lesions were observed. An enhancement in female socialization was noted, yet dominance behaviors also surfaced, leading to extended intervals between successive births. The litter size was akin to that of conventional cages (10.1±0.67 vs. 9.2±0.67). No significant differences were detected in the weight of the young or in mortality rates. The average productivity per female rabbit was 8.9 kits in the pen versus 10.2 kits in the cage. In conclusion, a pen providing 1.12 m<sup>2</sup> per animal is capable of achieving a mean productivity per rabbit comparable to that under a semi-intensive regime in conventional cages.

**Keywords:** *Oryctolagus cuniculus*, Animal welfare, Group housing.

## Introducción

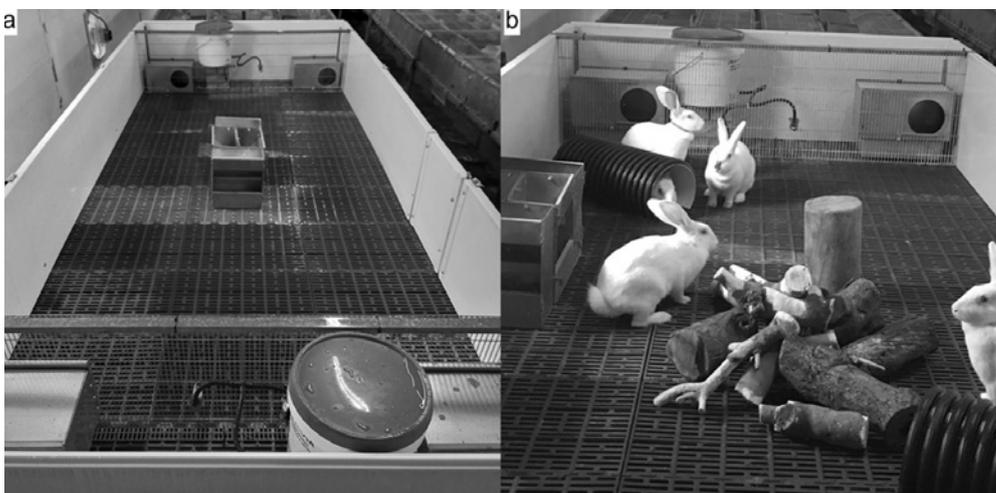
Cuando los conejos fueron domesticados, su cría era en grupos. Sin embargo, debido a problemas de comportamiento e higiene, y a su baja productividad, la cría en grupos dejó de utilizarse a finales de la década de

1970 (Mirabito *et al.*, 2005), dando paso a una producción intensiva favorecida por el uso de jaulas, la mejora genética, una alimentación perfeccionada y una gestión reproductiva optimizada. Sin embargo, la mayoría de la infraestructura utilizada en los sistemas intensivos requiere que los conejos se críen en jaulas individuales sin ninguna o muy baja interacción social, impidiendo que los animales puedan correr, erguirse o saltar, debido a la superficie disponible y la baja altura de éstas (Trocino *et al.*, 2014). Actualmente, la sostenibilidad de la producción ganadera no es posible sin atender a las necesidades de bienestar animal, lo que en la cría de conejos supone un enorme desafío ya que podría suponer cambios profundos en el diseño y en la gestión de los nuevos sistemas de cría en cunicultura. En este contexto, cada vez son más los ciudadanos que exigen el fin de lo que han denominado la "Edad de la Jaula". Ejemplo de ello ha sido la iniciativa ciudadana "End of the Age of the Cage" que con un respaldo de 1.4 millones de europeos, solicitaron a la Comisión Europea la abolición de la cría de animales en jaulas. Como resultado, una propuesta de nuevas normativas deben ser redactadas y acordadas por los 27 países miembros de la UE, y que deben ser implantadas en el año 2027.

En las últimas décadas, se han diseñado alojamientos grupales para conejas buscando promover comportamientos naturales (Dal Bosco *et al.*, 2019). A pesar de ello, persisten problemas como la agresión entre hembras, dificultades de manejo y una disminución en la productividad, agravados por la pseudogestación y abortos (Rommers y de Greef, 2018; Dal Bosco *et al.*, 2019; Maertens y Buijs, 2016; Zomeño *et al.*, 2018). Los estudios señalan que, aunque el alojamiento individual con enriquecimiento ambiental es preferible, las jaulas colectivas actuales, no favorecen el bienestar ni el rendimiento reproductivo de las conejas (Szendrő and McNitt, 2012; Dal Bosco *et al.*, 2019). En base a lo descrito, este estudio evaluó el alojamiento conjunto en corrales enriquecidos para comprender mejor el comportamiento y bienestar de las hembras reproductoras, con especial atención a su productividad.

## Material y métodos

Todos los animales fueron manejados de acuerdo con los principios establecidos en la Directiva CE 2010/63/UE sobre la protección de los animales. Para el estudio, se utilizaron 4 conejas reproductoras y 1 macho de la línea V de la Universitat Politècnica de València. Estos fueron alojados en un corral situado en las instalaciones de la misma universidad. El corral, equipado con un suelo slats (agujeros rectangulares de 7 cm de longitud y 1 cm de ancho; con una distancia entre agujeros de 0,7 cm), tenía paredes de PVC de 50 cm de altura, construidas a la misma altura que las jaulas convencionales (ver **Figura 1a**). Además, el corral contaba con 4 comederos manuales, 4 bebederos automáticos con cazoleta y 4 niales ubicados en cada una de las esquinas, cubriendo una superficie total de 5.6 m<sup>2</sup> (**Figura 1a**). Se emplearon también dos tipos de enriquecimiento ambiental: troncos y tubos de plástico de 20 cm de diámetro y 50 cm de longitud (**Figura 1b**). Las cuatro conejas fueron introducidas en el corral a día 25 de gestación, permanecieron juntas a partir de ese momento. Después del destete (32 días) del primer parto, se introdujo un macho, que permaneció en el corral hasta el final del experimento. Los gazapos, una vez destetados, continuaron su crecimiento hasta la edad de peso comercial en jaulas convencionales.



**Figura 1.** Diseño del corral. (a) Detalle del corral. (b) Detalle del corral con los animales y con los enriquecimientos.

Para llevar a cabo la comparación se emplearon 4 jaulas convencionales (4.270 cm<sup>2</sup> y 38 cm de altura) con hembras de edad similar a las del corral. El ritmo reproductivo fue semi-intensivo (42 días post-parto), empleando inseminación artificial. Para evaluar el comportamiento, se realizaron anotaciones, enfocándose principalmente en heridas (abrasiones o lesiones superficiales, lesiones más profundas y lesiones muy profundas). También se observaron lesiones en las patas (ausencia de lesión, grietas abiertas con úlceras y sangrado, y heridas abiertas). Adicionalmente, se registraron comportamientos poco habituales, ya sean aquellos que ocurren de manera rutinaria o los que son anecdóticos. Además, se registraron las fechas de los partos y el tamaño de las camadas, determinando el intervalo entre partos, así como la mortalidad al destete y a la edad de sacrificio. También se anotaron los pesos al nacer, al destetar y al llegar a la edad de sacrificio. Para el análisis, se utilizó el paquete estadístico SPSS 23.0 (IBM Corp. Released 2015), llevando a cabo un análisis de varianza.

## Resultados y discusión

Es importante destacar que no se observaron heridas causadas por agresividad, ni lesiones en las patas de los animales. Este resultado sugiere que la superficie disponible, que fue de 5,6 m<sup>2</sup> en este experimento, juega un papel crucial para prevenir agresiones (Pérez-Fuentes *et al.*, 2020). Se observaron acicalamiento entre los animales de forma repetitiva. Además, se identificaron varios comportamientos que no están descritos en la bibliografía, tales como el robo de material de los nidos, lactaciones fuera de los nidos y la presencia de gazapos adultos que aprovechaban la lactación de camadas más jóvenes. Los resultados obtenidos indican que el tamaño de la camada fue similar entre el corral y la jaula convencional (10,1±0,67 vs. 9,2±0,67, respectivamente). Tras la introducción del macho después del destete, se observó la dominancia de una de las hembras, la cual causó un retraso notable en el intervalo entre el primer y segundo parto de las otras hembras (ver **Tabla 1**).

**Tabla 1.** Intervalo entre partos de las hembras del corral.

Tipo	Intervalo entre partos (días)		
	1°-2°	2°-3°	3°-4°
Corral	77,2±9,50	31,5±9,50	40,7±10,97
Convencional	56,5±10,97	52,5±9,50	52,5±9,50

Uno de los resultados más relevantes observado en el corral fue la presencia de una hembra dominante que impidió la monta del macho al resto de hembras, presentando un intervalo entre el primer y segundo parto de 52 días, mientras que en el resto de hembras este intervalo fue de 83, 74 y 100 días. A partir del segundo parto, el intervalo entre parto se redujo al mínimo por el aprovechamiento del celo post-parto. En las hembras alojadas en las jaulas, el intervalo medio entre partos fue de 52-56 días-post parto. La productividad media por coneja durante el estudio fue de 8,9 vs 10,2 gazapos para el corral vs a la jaula a edad de sacrificio. En cuanto al estudio del peso y la mortalidad, no se observaron diferencias entre el corral y las jaulas convencionales (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Comparación del peso y de la mortalidad.

Tipo	n	Pesos (g)			Mortalidad (%)	
		Parto	Destete	Sacrificio	Destete	Sacrificio
Corral	151	58,0±1,11	676,8±11,85	1798±220	14,0±2,70	9,0±2,30
Convencional	137	56,0±1,84	649,5±19,77	1839±370	10,0±2,60	7,0±2,40

n: número de gazapos

En conclusión, se observa que un corral con una superficie de 1.12 m<sup>2</sup> es capaz de alcanzar una productividad media por coneja similar a la de una jaula convencional bajo un régimen semi-intensivo. Esta configuración evita los comportamientos agresivos entre hembras, sin embargo, aunque se mejora la socialización, surgen comportamientos de dominancia con intervalos más largos entre partos, especialmente entre el primero y el segundo, independientemente de la jerarquía de la coneja (dominante o subordinada). Además, se observa un intervalo entre parto intensivo en los subsiguientes nacimientos, debido a la eficacia de la monta post-parto.

## Bibliografía

---

- Mirabito L, Dumont F, Galliot P, Souchet C. 2005. Logement collectif des lapines reproductrices: Conséquences sur le comportement. *Rech. Cunicole* 29:57-60.
- Trocino A, Filiou E, Tazzoli M, Bertotto D, Negrato E, Xiccato G. 2014. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. *Livest Sci* 167:305-314.
- Pérez-Fuentes S, Muñoz-Silvestre A, Moreno-Grua E, Martínez-Paredes E, Viana D, Selva L, Villagrà A, Sanz-Tejero C, Pascual JJ, Cervera C, Corpa JM. 2020. Effect of different housing systems (single and group penning) on the health and welfare of commercial female rabbits. *Animal* 14:1270-1277.
- Dal Bosco A, Mugnai C, Martino M, Szendrő Z, Mattioli S, Cambiotti V, Cartoni Mancinelli A, Moscati L, Castellini C. 2019. Housing Rabbit Does in a Combi System with Removable Walls: Effect on Behaviour and Reproductive Performance. *Animals* 5:528.
- Rommers JM and de Greef KH. 2018. Are combi parks just as useful as regular parks for fatteners for part-time group housing of rabbit does? *World Rabbit Sci* 26:299-305.
- Maertens L, Buijs S. 2016. Impact of housing system (cage vs. part-time housing) and floor type on rabbit doe welfare. In *Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, 15-18 June 2016, Qingdao, China*, pp. 707-710.
- Zomeño, C, Birolo, M, Gratta, F, Zuffellato, A, Xiccato, G, Trocino, A 2018. Effects of group housing system, pen floor type, and lactation management on performance and behaviour in rabbit does. *Appl Anim Behav Sci* 203:55-63.
- Szendrő Zs., McNitt J.I. 2012. Housing of rabbit does: Group and individual systems: A review. *Livest Sci* 150:1-10.

# Una variante del sistema italiano de celda enterrada para integrar la cunicultura en plantaciones frutales

*A mobile variant of the Italian underground cell system to integrate rabbit keeping in orchards*

**Meini F<sup>1</sup>, González-Redondo P<sup>2</sup>, Finzi A<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Teaching and Research Centre for Rabbit Welfare and Production, 56019 Nodica (PI), Italy.

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Universidad de Sevilla, 41013 Sevilla, España.

\*csbpconiglio@gmail.com

## Resumen

---

Se ha investigado la posibilidad de evolucionar la producción cunícola familiar integrándola en cultivos de frutales. Para conseguir esto, en lugar de entre dos muretes se ha puesto en el interior de un gran contenedor paletizado de plástico la tradicional celda del modelo italiano con su tubo de conexión con la jaula colgada en el exterior. Cada unidad podía entonces ser desplazada fácilmente con una carretilla elevadora. De esta forma se convertía en desplazable el rentable sistema italiano de celda enterrada al aire libre que es adoptado por muchos pequeños productores para la integración de la renta. Las nuevas unidades han sido ubicadas en la sombra de albaricoques y, a lo largo del verano de 2022, se han medido las temperaturas máximas y mínimas, sea ambientales, sea en el interior de dos celdas desplazables, siendo la temperatura el único factor experimental importante, puesto que era ya bien conocida la perfecta funcionalidad del sistema, pero no la eficiencia termorreguladora de la celda que podía estar disminuida al ser insertada en los contenedores que además ahora recibían el calor ambiental por las cuatro paredes y podían dejar a los conejos expuestos al estrés térmico del verano. Los resultados indican que el efecto de aislamiento de la celda ha sido muy eficaz quedándose hasta a 15°C menos de la máxima temperatura externa, nunca superando los 28°C, además por tiempos limitados. En el verano de 2023 se ha averiguado también que el efecto termoprotector de las celdas desplazables es comparable al de las celdas fijas tradicionales y los resultados indican que los nuevos prototipos de celdas enterradas desplazables son funcionales y apropiados para ensayos de producción integrada.

**Palabras clave:** Bienestar, alojamiento, cunicultura alternativa, estrés térmico.

## Abstract

---

The possibility of improving the family rabbit production by integrating it into fruit trees orchards has been investigated. To achieve this, each traditional underground cell of the Italian model was placed inside a wide plastic pallet box instead than between two stone or brick walls, each one becoming easily movable by mean of a forklift. In this way the efficient Italian open-air underground cell system that is adopted by many small producers for income integration became mobile. The new units were located in the shade of apricots trees and, throughout the summer of 2022, the maximum and minimum temperatures were measured both in the ambient, and inside two movable cells. Temperature was the only important experimental factor, since the perfect functionality of the system was already well known, but not the thermoregulatory efficiency of the cell, which could be diminished when inserted into the containers that also now received the ambient heat through all the four walls and could leave the rabbits exposed to the thermal stress of the summer. The results indicate that the insulation effect of the cell has been very effective, remaining 15°C lower than the maximum external temperature, never exceeding 28°C for a limited time. In the summer of 2023, it was also found that the thermo-protective effect of movable cells is comparable to that of traditional fixed cells and the results indicate that the new prototypes of movable underground cells are functional and can be already tested in integrated production trials.

**Keywords:** Welfare, rabbit housing, open-air rabbit farming, thermal stress.

## Introducción

En la perspectiva de evolucionar la producción agrícola, hoy en día se promocionan mucho los sistemas integrados sea para recíproca ventaja productiva de diferentes cultivos, sea para cosechar más productos en la misma área (Hendrickson, 2020). Se ha investigado entonces la posibilidad de evolucionar la producción cunícola integrándola en cultivos de frutales, aprovechándose los conejos también de la función termoprotectora de la sombra en el verano. Puesto que el muy eficiente sistema italiano de cría al aire libre puede adaptarse a diferentes contextos agronómicos y se hace sin empleo de fármacos, antibióticos incluidos, con excepción de las vacunas (Finzi y Mariani, 2011), la producción frutal podría, a su vez, aprovecharse de las deyecciones de los conejos como abono sin residuos farmacológicos. Para hacer esto era necesario que fuera convertida en desplazable cada celda hoy en día enterrada entre dos muretes. La idea fue, entonces, la de utilizar unos grandes contenedores paletizados de plástico reforzado para insertar, en cada uno de estos, una celda conectada con su jaula colgada en el exterior y averiguar que en las nuevas unidades desplazables no se perdiera la eficiente protección térmica de la celda del sistema estándar. Este trabajo tiene como objetivo describir las características estructurales de la celda enterrada desplazable y evaluar su eficiencia termorreguladora en amparar los conejos del estrés térmico del verano.

## Material y métodos

Para ensayar la posibilidad de desarrollar un sistema de producción cunícola integrada en los cultivos frutales se ha reproducido el modelo italiano llamado "de celda enterrada" para la cría al aire libre (Finzi y Negretti, 2007) insertando las celdas en el interior de contenedores paletizados desplazables de plástico reforzado (**Figura 1**).



**Figura. 1.** Estructura interna del sistema y primeros prototipos para control de funcionalidad.

Los contenedores medían 1,20x0,80x0,80 m y las celdas mantenían casi las dimensiones tradicionales de 50x50x47 cm, lo mismo que el tubo de conexión con la jaula de 16 cm de diámetro y medio metro de largo, suficiente para obstaculizar los intercambios térmicos con el aire exterior. Las celdas, también de plástico, estaban protegidas con una tapa bien aislada que se podía levantar para explorar el nidal y para limpiar al final de cada ciclo reproductivo. Para esto se colocaba un tubo de desagüe en la base de las celdas. Puesto que el contenedor no podía llenarse con tierra con función de aislante natural para no hacerlo demasiado pesado, se puso una separación a nivel del piso de la jaula y se rellenó con tierra solo la parte superior utilizada además para cultivar hortalizas con la función de que no se caliente el suelo. A cada contenedor se le colgaba una jaula que podía ser muy grande (75x55x53 cm) pues en el exterior no hay razón para ahorrar espacio. Recorriendo el perímetro de la jaula, el de la celda y el tubo, el conejo, en tres ambientes diferentes, puede recorrer 4,60 metros sin cruzarse en el recorrido. En las jaulas polivalentes más grandes con piso de hasta 100x40 cm usuales en España (González Redondo, 2015), sería tan solo de m 2,80 en un ambiente más pequeño e invariado.

El bienestar de los conejos está asegurado por los tres ambientes y además dos de estos ambientes, celda y tubo, son cerrados como simulación miniaturizada de la madriguera natural. Los conejos pueden desplazarse libremente y mayormente a las celdas en las horas calientes del día, para salir a la jaula donde se quedan preferiblemente a lo largo de la noche como en las condiciones naturales que pueden disfrutar libremente y variadamente según su individualidad. El nivel de bienestar, por lo tanto, aparece excelente.

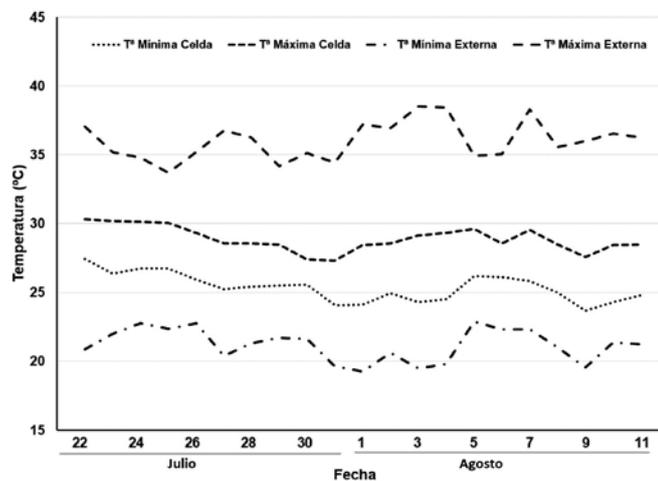
El sistema tiene muchas ventajas. Primero es relativamente barato, además el productor puede construir y manejar su unidad productiva por sí mismo, disfrutando y dando valor a su tiempo libre. Excelentes son también las condiciones sanitarias de los animales (raza Leprino de Viterbo), ya desde años seleccionados en crianza al aire libre donde no hay patógenos, y la cría es muy rentable, siendo mayormente difundida la venta directa al precio, hoy en día, de 8 euros por quilo de peso vivo (Finzi et al., 2014) encontrándose siempre más demanda que producción.

Todos los otros factores, siendo ya conocidos, requerían tan solo averiguar que el nuevo prototipo garantizara, para los conejos, una protección del estrés térmico veraniego comparable a la de la celda enterrada tradicional (González-Redondo y Finzi, 2016) que aprovecha perfectamente del aislamiento térmico de la tierra que es el mismo de que disfrutaban las madrigueras naturales.

Cuatro de doce unidades experimentales han sido alojadas bajo unos albaricoques para simular las condiciones de campo y para que las cuatro paredes de los contenedores quedaran expuestas a los factores ambientales se han ubicado los contenedores distanciados 20 cm. A lo largo del verano de 2022 se registraron cada hora las temperaturas máximas y mínimas en el interior de las celdas y en el exterior en la sombra. También, en los días más calurosos, se ha comparado, hora por hora, la variación diaria de la temperatura del ambiente y de la celda para averiguar cómo esta estaba relacionada con la variación ambiental. Finalmente, siendo los resultados muy positivos, a lo largo del verano de 2023, se ha comparado el prototipo desplazable con el fijo enterrado tradicional.

## Resultados y discusión

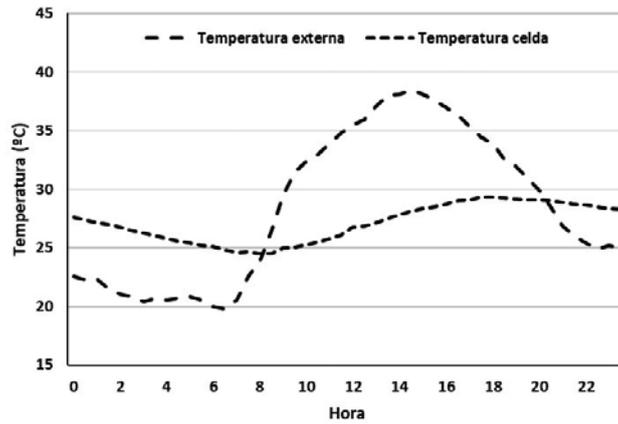
Las temperaturas máximas registradas desde la mitad de julio hasta la mitad de agosto se ilustran en la **figura 2**. Se observa que las temperaturas máximas externas casi constantemente superaron los 35°C, mientras que, en las celdas, el máximo fue de 30°C por poco tiempo en los primeros tres días.



**Figura. 2.** Temperaturas veraniegas máximas y mínimas ambientales y en las celdas móviles.

Se confirma, entonces, para la celda móvil la misma capacidad ya demostrada por la celda enterrada tradicional en reducir la temperatura de la celda respecto a la exterior a lo largo del verano (González-Redondo y Finzi, 2016). La celda móvil ha demostrado también un eficaz efecto mitigante con diferencias de sólo 5°C entre la máxima y la mínima, mientras que en el exterior la oscilación fue de 15°C.

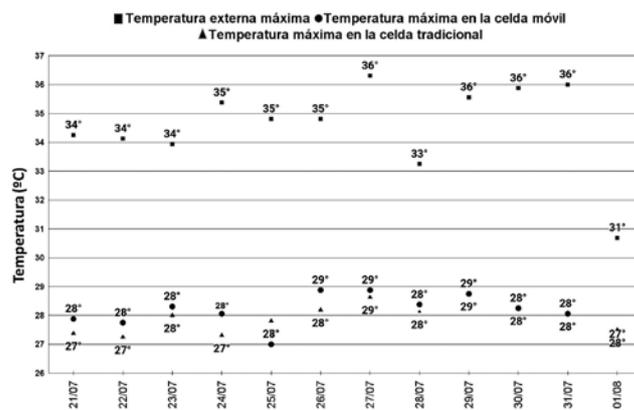
Hasta hoy en día se ha indagado la funcionalidad del sistema simplemente observando el comportamiento de los animales. Por ejemplo, si la tapa de la celda está mal aislada, se calienta y es fácil darse cuenta porque, en las horas calientes del día, las conejas, en lugar de ampararse en la celda, se amparan en el tubo de conexión. En el ensayo se ha medido por primera vez la temperatura en cada hora del ciclo circadiano (**Figura 3**).



**Figura 3.** Variación diaria de la temperatura en la celda móvil y ambiental en un día caluroso de verano.

Temperaturas próximas a las máximas se mantienen en el exterior durante algunas horas entre las 13 y las 15 pero en las celdas, sin embargo, la temperatura queda 10 °C menos de la exterior cuando se llega al pico de máxima (28,4°C vs. 38,4°C). La celda va perdiendo progresiva pero lentamente su función protectora cuando la temperatura máxima exterior se va ya reduciendo rápidamente y algunos conejos empiezan a salir a la jaula ya antes de que las dos curvas se crucen en la tarde. Aparte de los diferentes comportamientos individuales que se manifiestan por la mañana y por la tarde, cuando se cruzan las curvas de las temperaturas y las diferencias son reducidas hay que considerar que, saliendo a la jaula, los conejos pueden disfrutar de otros factores climáticos que les gustan, como el viento y la lluvia. Estos son factores de bienestar de los que nunca podrán disfrutar los conejos criados en ambientes cerrados.

Siendo los resultados muy positivos, a lo largo del verano de 2023, se ha comparado el prototipo desplazable con el fijo enterrado tradicional (**Figura 4**). En la celda móvil la temperatura no superó los 29°C cuando la temperatura ambiente alcanzó los 36°C. Respecto a la temperatura externa, en conjunto la celda móvil ha resultado un poco menos eficiente que la celda estándar, pero la diferencia máxima entre ambas ha sido inferior a un grado, siendo por tanto insignificante en la práctica. Es necesario tener en cuenta también que los picos de temperatura máxima tienen una duración relativamente breve y, por tanto, también la celda móvil garantiza una sustracción sustancial de los animales al estrés térmico estival. Los resultados confirman que los dos sistemas son perfectamente equivalentes pues las pequeñas y variables diferencias observadas son debidas a factores ocasionales.



**Figura 4.** Comparación entre las temperaturas máximas de la celda móvil y de la tradicional.

El sistema de celdas desplazables se ha demostrado, entonces, eficiente en minimizar el estrés térmico veraniego cuando los conejos, fuera de su contexto natural, ya no pueden ampararse en sus frescas madrigueras subterráneas. Un importante factor económico que se consigue es entonces que quedan también totalmente eliminados los siempre más caros costes energéticos de la climatización en alojamientos cerrados.

En base a los resultados conseguidos se puede concluir que los prototipos de celdas enterradas desplazables se han demostrado idóneos para pasar a los ensayos de campo, sobre todo para averiguar las condiciones mejores para disfrutar del abono orgánico y evaluar la eficiencia económica del sistema integrado en una plantación frutal.

## **Bibliografía**

---

- Finzi A, Negretti P. 2007. *Un sistema alternativo di allevamento per il benessere e la sanità del coniglio*. En: *Giornate di Coniglicoltura ASIC, Forlì, Italia*, pp. 41-54.
- Finzi A, Mariani G. 2011. *L'allevamento ecologico del coniglio*. Edagricole, Milano, Italia.
- Finzi A, Mariani G, González-Redondo P. 2014. *Il Lepriño di Viterbo, una razza cunicola selezionata per l'allevamento alternativo*. En: *9° Convegno dell'Associazione Italiana di Zootecnia Biologica e Biodinamica, Roma, Italia*, pp. 108-118.
- González Redondo P. 2015. *Una visión de las jaulas en cunicultura industrial*. *Boletín de Cunicultura* 175:14-22.
- González-Redondo P, Finzi A. 2016. *Efficiency of the rabbit underground cell keeping system in reducing heat summer stress*. En: *11th World Rabbit Congress, Qingdao, China*, pp. 679-682.
- Hendrickson JR. 2020. *Crop-livestock integrated systems for more sustainable agricultural production: A review*. *CABI Rev* 15:1-11.

# Comportamiento de hembras Nueva Zelanda Blanco durante la fase de lactancia y desempeño de los gazapos en Brazil

*Behavior of New Zealand White does during the milking phase and performance of rabbit kits in Brazil*

**Leite SM<sup>1</sup>, Stevanato GG<sup>2</sup>, Gasque JPN<sup>2</sup>, Oliva N<sup>2</sup>, Almeida MR<sup>2</sup>, Vargas MD<sup>3</sup>, Ribeiro LB<sup>4</sup>, Castilha LD<sup>4\*</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante de doctorado en Ciencia Animal, PPZ/UEM, Maringá - PR, Brazil.

<sup>2</sup> Estudiante de pregrado en Ciencia Animal, DZO/UEM, Maringá - PR, Brazil.

<sup>3</sup> Profesora Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá - D.C, Colombia.

<sup>4</sup> Profesor del Departamento de Ciencia Animal, DZO/UEM, Maringá - PR, Brazil.

\* lcastilha@uem.br

## Resumen

Teniendo en cuenta que el periodo de desarrollo inicial de los gazapos es fundamental para un exitoso sistema productivo, el objetivo de este estudio es evaluar el comportamiento de conejas Nueva Zelanda Blanco durante el periodo de lactancia (1 a 36 días) y el desempeño de los gazapos en un sistema productivo comercial. Fueron utilizadas nueve conejas con 8 gazapos cada una, las cuales fueron instaladas en una cámara de monitoreo para realizar el análisis de comportamiento, para esto se realizaron 6 monitoreos de 24 horas consecutivas, en los días 2, 8, 15, 22, 29 y 36 de lactancia. La lactancia activa máxima registrada se observó en el día 2, correspondiendo al 0,66% del periodo de 24 horas (aproximadamente 9 minutos), esta disminuyó a 0,37% (aproximadamente 5 minutos) de las 24 horas a partir de los 8 días de lactancia. En el periodo posparto las conejas pasaron la mayor parte del tiempo en inacción o autolimpieza. Durante la lactancia se observó que a lo largo del tiempo se disminuyeron las visitas al nido y la lactancia activa, asociado al aumento de la lactancia pasiva. El crecimiento de los gazapos es directamente proporcional al consumo de leche durante las tres primeras semanas de vida.

**Palabras clave:** Evaluación comportamental, Interacción, Consumo de alimento, Ganancia de peso.

## Abstract

Considering the importance of the initial development period of the rabbit kits for the prosperity of the production system, the objective of this study was to evaluate the behavior of New Zealand White does during the lactation period (1 to 36 days) and the performance of the kits in a commercial production system. Nine does with 8 kits each were used and a monitoring camera was installed to carry out behavior analysis. Six consecutive 24-hour monitoring sessions were carried out, on days 2, 8, 15, 22, 29 and 36 of breastfeeding. The maximum active breastfeeding recorded was on day 2, corresponding to 0.66% of the 24-hour period (around 9 minutes), but fell to 0.37% of the total time (around 5 minutes) from 8 lactation days. Does spend postpartum most of their time idle or self-grooming. Milk consumption by kits increased with age, being proportional to weight gain, reaching its maximum at 20 days of life and gradually decreasing shortly thereafter. In conclusion, rabbits in the postpartum period spend most of their time idle or self-grooming. During breastfeeding, there is a reduction in visits to the nest and active breastfeeding over time, associated with an increase in passive breastfeeding. The growth of kits is directly proportional to milk consumption during the first three weeks of life.

**Keywords:** Behavioral assessment, Interaction, Feed intake, Weight gain.

## Introducción

Similar a las conejas en vida libre, las conejas en los sistemas productivos repiten sus comportamientos naturales dentro de las jaulas, haciendo sus nidos, para esto se quitan los pelos del vientre y de los miembros, con el fin de ocultar los gazapos y mantenerlos seguros de depredadores y de condiciones ambientales adversas (González-Mariscal *et al.*, 2016).

Es importante destacar que la coneja visita el nido solo para promover la lactancia (Machado *et al.*, 2021), diferente de otras hembras mamíferas. El período desde el nacimiento hasta el destete es el que presenta el mayor índice de mortalidad en la cunicultura, lo que está relacionado a la fisiología del recién nacido, donde el sistema inmunitario no está totalmente desarrollado y son más susceptibles al frío (González-Mariscal *et al.*, 2016).

Durante el periodo en que los gazapos están con la hembra, principalmente los 15 primeros días de vida, es imprescindible que ellas los alimenten exclusivamente con leche (Gidenne *et al.*, 2020), debido a que aún no consumen alimentos sólidos por lo que dependen de los nutrientes de la leche materna para sobrevivir y su buen desarrollo (El Nagar *et al.*, 2014).

Considerando la importancia del período de desarrollo inicial de los gazapos para el éxito del sistema productivo, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de conejas Nueva Zelanda blanco durante el periodo de lactancia (1 a 36 días) y el crecimiento de los gazapos en un sistema productivo comercial.

## Material y métodos

Este estudio fue desarrollado en el sector de cunicultura de la granja experimental de Iguatemi, de la Universidade Estadual de Maringá- UEM. Fueron utilizadas nueve conejas de la raza Nueva Zelanda blanco con edad promedio de 19 meses y 8 gazapos cada una. Las conejas fueron ubicadas en jaulas de alambre galvanizado, con dimensiones de 80 X 60 X 45 cm (Largo x Ancho x Alto). La dieta fue peletizadas y formuladas a base de heno de alfalfa, harina de trigo, maíz, harina de soya, aminoácidos, vitaminas, minerales y aditivos, para atender las exigencias de conejos en crecimiento (De Blas y Mateos, 2010).

Los nidos son en placa de fibra de densidad media (MDF) con dimensiones de 40 X 20 X 25cm (Largo x Ancho x Alto), estos fueron retirados a los 21 días de lactancia. Adicional, fue instalada una cámara de monitoreo con sensor nocturno, posicionada en el centro de las jaulas con aproximadamente 1,5 metros de distancia (**Figura 1**). Los comportamientos observados están descritos en la **tabla 1** (etograma comportamental). Fueron realizados 6 monitores de 24 horas consecutivas, sin intervalos en los días 2, 8, 15, 22, 29 y 36 días de lactancia, totalizando 864 observaciones por animal (15.552 observaciones totales). Durante el periodo nocturno las filmaciones fueron realizadas con las lámparas encendidas.



**Figura 1.** Evaluación comportamental de conejas Nueva Zelanda blanco en lactancia realizada por medio de filmación en tiempo real.

**Tabla 1.** Etograma con el listado de comportamientos evaluados en conejas Nueva Zelanda blanco durante 36 días posparto, en intervalos semanales de 24 horas seguidas.

Comportamiento	Descripción
Inactividad	Inactividad, puede estar despierta, durmiendo, acostada, sentada o en pie.
Comiendo	Acto de masticar el alimento, puede estar o no estar en el comedero.
Bebiendo agua	Acto de estar en el bebedero tomando agua.
Autolimpieza	Acto de limpiarse, rascarse o realizar cecotofía.
Visitando el nido <sup>1</sup>	Acto de entrar y salir del nido sin motivo (rápidamente) u observar los gazapos por encima del nido.
Lactancia activa	Acto en que la hembra busca a los gazapos para realizar la lactancia.
Lactancia pasiva	Acto en que los gazapos buscan a la hembra para realizar la lactancia.
Esquivando	Acto de huir de los gazapos para no amamantarlos.
Interactuar	Acto de integrarse con los gazapos, puede ser a través de cuidados como limpieza o acostarse juntos.

<sup>1</sup> comportamientos observados hasta los 21 días de lactancia, cuando los nidos fueron retirados de las jaulas.

Los gazapos fueron pesados diariamente desde el nacimiento y a partir del tercer día de vida fue medido el consumo de leche, por el método de pesaje-lactancia- pesaje (Machado *et al.*, 2019), donde los gazapos eran pesados antes y después de la lactancia calculando el consumo por diferencia. El consumo del alimento fue determinado diariamente por la diferencia de peso inicial del comedero y el peso al final del periodo. Para determinar el consumo del alimento de los gazapos, a partir de que empezaron a salir del nido (14° día), fue instalada una tela de separación que solo la hembra conseguía pasar; esa tela era retirada dos veces al día (mañana y tarde) por una hora y se pesaba el alimento al inicio y final de este periodo. Las variables respuesta obtenidas en la evaluación comportamental fueron cuantificadas en porcentaje y transformadas para log (x+1). Los grados de libertad referentes a los días de evaluación fueron desdoblados en polinomios ortogonales, para obtener las ecuaciones de regresión. Los datos fueron sometidos a análisis estadística por el PROC GLM del SAS (2001).

## Resultados y discusión

Los resultados de la evaluación comportamental de las conejas durante los 36 días posparto (**Tabla 2**) muestran que el comportamiento de inactividad se reduce hasta aproximadamente los 21,5 días, aumentando después de esto. En cuanto a la autolimpieza, se reduce hasta aproximadamente los 19,4 días, aumentando después. Por otro lado, las visitas al nido se redujeron de forma lineal de los 2 a los 15 días, después de ese periodo los nidos fueron retirados de las jaulas. La lactancia activa máxima registrada fue en el día 2, correspondiendo al 0,66% del periodo de 24 horas (aproximadamente 9 minutos), después disminuyó al 0,37% (aproximadamente 5 minutos) de las 24 horas a partir de los 8 días de lactancia. Este resultado está de acuerdo con lo reportado por Rödel (2012), que indicó que la coneja busca el nido dos veces al día para lactar a sus crías entre 2 y 4 minutos. La lactancia activa presentó una disminución lineal durante el periodo evaluado (2 a 36 días) y en el último día de evaluación este comportamiento no fue observado, lo que está de acuerdo con lo descrito por González-Mariscal *et al.* (2016), que indican que la propia hembra inicia el proceso de destete de los gazapos.

La lactancia pasiva (gazapos buscando la hembra) y los comportamientos de esquivar o interactuar fueron registrados a partir de los 15 días, cuando los gazapos comenzaron a salir del nido. La lactancia pasiva aumentó hasta aproximadamente a los 23,1 días, disminuyendo a partir de ese momento. El comportamiento de esquivar aumentó hasta los 19 días y posteriormente disminuyó. El comportamiento de interactuar fue creciendo de los 15 a los 36 días. En general, las conejas en el periodo posparto pasan la mayor parte del tiempo en inactividad o realizando autolimpieza.

**Tabla 2.** Evaluación de conejas Nueva Zelanda blanco durante 36 días posparto, en intervalos semanales de 24 horas consecutivas.

Comportamiento <sup>1</sup>	Días posparto						Media	Error Estándar	P-valor
	2	8	15	22	29	36			
Inactividad <sup>2</sup>	1,56 (35,17%)	1,57 (35,86%)	1,51 (31,64%)	1,44 (26,74%)	1,55 (34,14%)	1,52 (32,52%)	1,52 (32,68%)	0,008	<b>0,006</b>
Comiendo	1,27 (17,94%)	1,28 (15,90%)	1,23 (17,32%)	1,19 (14,68%)	1,18 (13,39%)	1,10 (12,11%)	1,21 (15,55%)	0,024	<b>0,373</b>
Bebiendo	0,78 (5,25%)	0,85 (6,11%)	0,82 (6,97%)	0,83 (5,97%)	0,87 (6,69%)	0,86 (7,32%)	0,84 (6,06%)	0,030	<b>0,965</b>
Autolimpieza <sup>3</sup>	1,52 (31,98%)	1,53 (32,94%)	1,43 (25,99%)	1,36 (22,09%)	1,48 (29,22%)	1,51 (31,07%)	1,47 (28,88%)	0,009	<b>0,002</b>
Visitando el nido <sup>4</sup>	0,99 (9,00%)	0,96 (8,82%)	0,87 (6,54%)	-	-	-	0,94 (8,18%)	0,027	<b>&lt;0,001</b>
Lactancia activa <sup>5</sup>	0,22 (0,66%)	0,14 (0,37%)	0,12 (0,31%)	0,12 (0,31%)	0,10 (0,27%)	0,00 (0,00%)	0,12 (0,32%)	0,007	<b>&lt;0,001</b>
Lactancia pasiva <sup>6</sup>	-	-	0,15 (0,47%)	0,37 (1,58%)	0,11 (0,31%)	0,04 (0,11%)	0,17 (0,62%)	0,030	<b>0,031</b>
Esquivando <sup>7</sup>	-	-	0,87 (7,73%)	1,33 (20,34%)	0,42 (1,90%)	0,27 (1,10%)	0,72 (7,77%)	0,045	<b>&lt;0,001</b>
Interactuando <sup>8</sup>	-	-	0,50 (3,03%)	0,96 (8,29%)	1,17 (14,08%)	1,22 (15,77%)	0,96 (10,29%)	0,038	<b>&lt;0,001</b>

<sup>1</sup> Datos transformados para log (X+1) y, entre paréntesis, frecuencia en porcentaje (%).

<sup>2</sup> Efecto cuadrático del período: Y(Inactividad)= 1,5912 - 0,0086X + 0,0002X<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,42).

<sup>3</sup> Efecto cuadrático del período: Y(autolimpieza)= 1,5755 - 0,0155X + 0,0004X<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,61).

<sup>4</sup> Efecto lineal del período: Y(visitando el nido)= 1,0178 - 0,0093X (R<sup>2</sup>=0,94).

<sup>5</sup> Efecto lineal del período: Y(lactancia activa)= 0,2077 - 0,0049X (R<sup>2</sup>=0,81).

<sup>6</sup> Efecto cuadrático del período: Y(lactancia pasiva)= - 0,5163 + 0,0693X - 0,0015X<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,62).

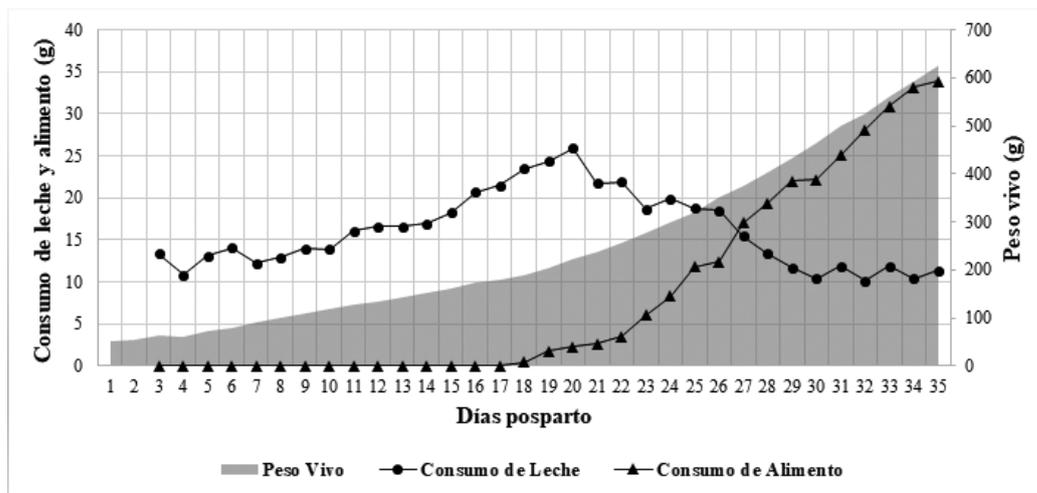
<sup>7</sup> Efecto cuadrático del período: Y(esquivando)= - 0,101 + 0,1183X - 0,0031X<sup>2</sup> (R<sup>2</sup>=0,67).

<sup>8</sup> Efecto lineal del período: Y(interactuando)= 0,0924 + 0,0341X (R<sup>2</sup>=0,87).

En la **figura 2** se puede observar el consumo diario de leche y de alimento y la ganancia de peso de los gazapos hasta los 35 días de vida. Se observa que los animales nacieron con un peso promedio de 52g y terminan el periodo experimental con un peso promedio de 620g. La mortalidad registrada durante el periodo evaluado fue de 22,22% (16 gazapos).

El consumo de leche por los gazapos aumentó con la edad, siendo proporcional a la ganancia de peso y alcanzando su máximo valor a los 20 días de vida, disminuyendo gradualmente después de esto. Nagar *et al.* (2014) afirman que el pico de lactancia en conejas se da los 21 días posparto, es decir, un día después de la ingesta máxima de leche de las crías, lo que puede servir como un parámetro para la producción de leche por la hembra, como lo reportado Maertens *et al.* (2006), quienes indican que el pico de lactancia de las conejas es entre los 19 y 21 días posparto, siendo tanto para hembras montadas en el periodo de lactancia como para aquellas que no fueron montadas.

Aunque algunos gazapos empezaron a salir del nido a partir de los 14 días de vida, el consumo de alimento se inició después de los 18 días, siendo inversamente proporcional al consumo de leche hasta los 27 días, momento en que los dos consumos presentaron la misma proporción para los gazapos. El cambio de alimentación a dieta sólida puede ser influenciado por la cantidad de leche ingerida, cuanto menor es la cantidad de leche ingerida, mayor es la cantidad de alimento consumido (Arnau-Bonachera *et al.*, 2017), y puede estar relacionado con el mayor peso de las crías y por consiguiente con un mejor desarrollo productivo.



**Figura 2.** Consumo de leche y alimento y ganancia de peso diaria de gazapos Nueva Zelanda Blanco desde el nacimiento hasta el destete (35 días).

En conclusión, las conejas en periodo posparto pasan la mayor parte del tiempo en inactividad o realizando autolimpieza. Durante la lactancia, se presenta disminución de las visitas al nido y de la lactancia activa a lo largo del tiempo, asociado al aumento de la lactancia pasiva. El crecimiento de los gazapos es directamente proporcional al consumo de leche durante las tres primeras semanas de vida.

## Bibliografía

- Arnau-Bonachera A, Cervera C, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Pascual JJ, Blas, E. 2017. Milk intake in kits: not only the total amount matters. *World Rabbit Sci* 25:159-166.
- De Blas C, Mateos GG. 2010. Feed formulation. In: *Nutrition of the rabbit - 2nd edition*. De Blas C, Wiseman J (Eds). CAB International, UK.
- El Nagar AG, Sánchez JP, Ragab M, Mínguez C, Baselga M. 2014. Genetic comparison of milk production and composition in three maternal rabbit lines. *World Rabbit Sci* 22:261-268.
- Gidenne T, Lebas F, Fortun-Lamothe L. 2020. Feeding Behaviour of Rabbits. In: *Nutrition of the rabbit - 3rd edition*. De Blas C, Wiseman J (Eds). CAB International, UK.
- González-Mariscal G, Cabab M, Martínez-Gómez M, Bautistac A, Hudson R. 2016. Mothers and offspring: The rabbit as a model system in the study of mammalian maternal behavior and sibling interactions. *Horm Behav* 77:30-41.
- Machado LC, Martínez-Paredes E, Cervera C. 2019. Performance of rabbit does housed in collective pens and individual cages. *World Rabbit Sci* 27:227-235.
- Machado LC, Pereira DL, Silveira JMM, Faria GCS. 2021. Mortalidade pré-desmame de láparos em dois cenários distintos. *Rev Bras Cunic* 19:1-13.
- Maertens L, Lebas F, Szendro ZS. 2006. Rabbit Milk: A review of quantity, quality and non-dietary affecting factors. *World Rabbit Sci* 14:205-230.
- Rödel HG, Dausmann KH, Starkloff A, Schubert M, Von Holst D, Hudson R. 2012. Diurnal nursing pattern of wild-type European rabbits under natural breeding conditions. *Mamm Biol* 77:441-446.

# Respuesta al estrés agudo con y sin estrés térmico mediante termografía de infrarrojos en el globo ocular

*Acute stress response with and without thermal stress by infrared thermography on the eyeball*

**Serrano-Jara D\*, Agea I, Argente MJ, García ML**

<sup>1</sup> Instituto CIAGRO-UMH, Universidad Miguel Hernández de Elche, 03312 Orihuela, España.

\*d.serrano@umh.es

## Resumen

El presente trabajo estudió la evolución de la temperatura del globo ocular medida con termografía infrarroja en 90 conejos machos pertenecientes a dos líneas seleccionadas de manera divergente por la variabilidad del tamaño de la camada. Los datos se recogieron antes y después de la extracción espermática, con y sin estrés térmico, en 3 momentos distribuidos en 5 minutos (0, 1 y 5). La extracción se realizó tras medir la temperatura basal en el minuto 0. La duración del experimento fue de 9 semanas. Sin estrés térmico no se encontraron diferencias entre líneas y la reacción al estímulo provocado por la extracción espermática se identificó en el minuto 1. Con estrés térmico la temperatura basal de la línea Low (37,66°C) fue menor que la de la línea High (37,92°C). La línea High no respondió al estímulo. En la línea Low, la respuesta se identificó en el minuto 5 y siempre se mantuvo por debajo de los niveles registrados en la línea High. En conclusión, sin estrés térmico las líneas parecen comportarse de forma similar, sin embargo, con estrés térmico la línea Low tiene mayor capacidad de adaptarse al entorno.

**Palabras clave:** conejo, estrés, temperatura, resiliencia.

## Abstract

The present work studied the evolution of eyeball temperature measured with infrared thermography in 90 male rabbits belonging to two lines selected divergently for litter size variability. Data were collected before and after sperm extraction, with and without thermal stress, at 3 moments distributed over 5 minutes (0, 1 and 5). The extraction was carried out after measuring the basal temperature at minute 0. The duration of the experiment was 9 weeks. Without thermal stress, no differences were found between the lines and the reaction to the stimulus caused by sperm extraction was identified at minute 1. With thermal stress, the basal temperature of the Low line (37.66°C) was lower than that of the High line (37.92°C). The High line did not respond to the stimulus. In the Low line, the response was identified at minute 5 and always remained below the levels recorded in the High line. In conclusion, without thermal stress the lines seem to behave in a similar way, however, with thermal stress the Low line has a greater capacity to adapt to the environment.

**Keywords:** rabbit, stress, temperature, resilience.

## Introducción

El estrés puede romper la homeostasis fisiológica de un animal provocando un deterioro en los índices de productividad y en la calidad del producto transformado (Kowalska *et al.*, 2011). En cunicultura, diversos factores pueden resultar en un estímulo estresante. El conejo es un animal muy sensible a los cambios de temperatura, por lo que su respuesta a la actividad cotidiana de una granja puede verse intensificada negativamente si se realiza en una situación de estrés térmico (Liu *et al.*, 2022).

Existen diversos métodos para evaluar la respuesta al estrés en un animal. El calor desprendido por la superficie corporal, capturado a través de termografía de infrarrojos (TIR), constituye un método rápido, no invasivo y eficaz (Unruh *et al.*, 2017). En este sentido, el globo ocular ha sido descrito como una región anató-

mica adecuada para la evaluación de la respuesta térmica al estrés (Jaén-Téllez *et al.*, 2020; Agea *et al.*, 2021; Serrano-Jara *et al.*, 2023a).

En la Universidad Miguel Hernández de Elche se dispone de dos líneas de conejos seleccionadas divergentemente por variabilidad del tamaño de camada (Blasco *et al.*, 2017). Con un origen común, hoy, las hembras de la línea Low (seleccionada para reducir la variabilidad del tamaño de la camada) y de la línea High (seleccionada para aumentar la variabilidad del tamaño de la camada) presentan diferencias productivas, reproductivas y comportamentales, siendo más favorables en la línea Low (Argente *et al.*, 2019; Agea *et al.*, 2021). Sin embargo, aún no se disponen de datos relacionados con los machos de ambas líneas.

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la respuesta a un estímulo estresante sin y bajo los efectos del estrés térmico en los machos de ambas líneas para determinar su capacidad de adaptación al medio.

## Material y métodos

Los procedimientos experimentales con animales han sido aprobados por la Dirección General de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat Valenciana con código 2022/VSC/PEA/0226.

### Desarrollo experimental

El estudio se desarrolló en la granja de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández. Las instalaciones utilizadas fueron de ambiente controlado, fotoperiodo de 16:8 y alimentación *ad libitum* con un pienso comercial.

Se utilizaron un total de 90 machos pertenecientes a la 17ª generación de las líneas descritas. El rango de edad de los animales se encontró entre 6 y 10 meses. El peso medio durante el desarrollo experimental fue de 3,51 Kg.

Se midió la emisividad de la temperatura corporal mediante la TIR en el globo ocular. Las imágenes fueron obtenidas mediante una cámara termográfica <sup>®</sup>FLIR SC660 y se procesaron con el software <sup>®</sup>ThermaCAM Researcher Pro 2.10 para obtener el registro de temperatura. La cámara fue calibrada según la temperatura, la humedad relativa, la emisividad y la distancia con respecto al sujeto.

La toma de datos se realizó durante 9 semanas, entre los meses de junio y octubre, y las mediciones se llevaron a cabo en 3 momentos distribuidos a lo largo de 5 minutos (0, 1, 5). Durante la toma de muestras los conejos fueron sujetados durante aproximadamente 1 minuto. La extracción espermática se realizó entre el minuto 0 y el 1.

A partir de la temperatura y la humedad relativa ambiental se calculó el índice temperatura/humedad (ITH):  $ITH = t - ((0.31 - 0.31 \times rh) \times (t - 14.4))$  donde  $t$  = temperatura de la nave y  $rh$  = humedad relativa / 100. Las semanas en las que se recogieron los datos se clasificaron según el ITH en: con estrés térmico ( $ITH > 27,8$ ) y sin estrés térmico ( $ITH < 27,8$ ) (Marai *et al.*, 2001).

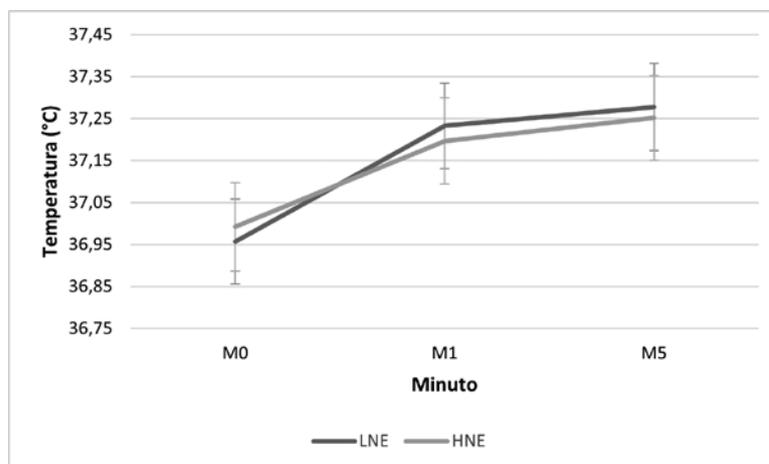
### Análisis estadístico

El modelo utilizado para analizar la temperatura en el globo ocular incluyó el efecto momento-línea-estrés en 12 niveles (momentos 3; líneas 2; estrés 2) junto con el animal como efecto aleatorio y su peso como co-variable. Se utilizó el programa Rabbit desarrollado por la Universitat Politècnica de València.

## Resultados y discusión

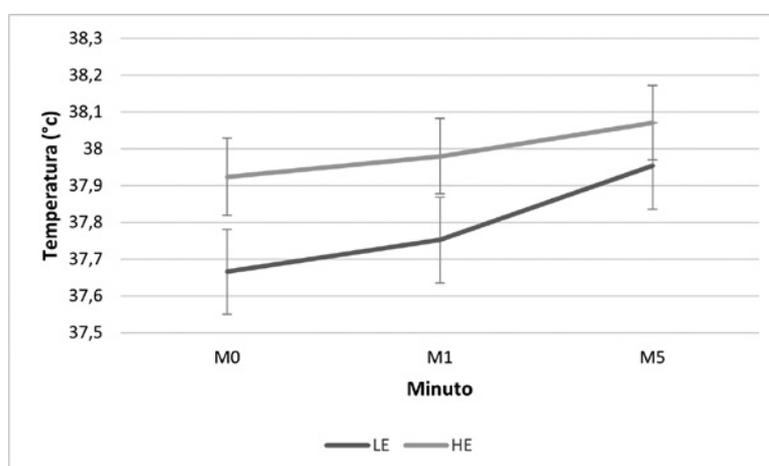
Cuando los conejos no se encontraban sometidos a estrés térmico, ambas líneas mostraron un comportamiento similar (**Figura 1**). Entre el minuto 0 y 1 ambas líneas reaccionaron al estímulo estresante. La línea Low aumentó su temperatura de 36,96 a 37,23°C, siendo la probabilidad de que la diferencia (-0,27°C) sea menor de cero (P) del 99%. La línea High también aumentó la temperatura de 36,99 a 37,19°C (P = 97%). Sin embargo, entre los minutos 1 y 5, la probabilidad P fue del 65% en la línea Low y del 70% en la línea High. Estos resultados muestran que cuando los conejos de ambas líneas no están sometidos a un estrés térmico, la reacción al estímulo estresante, medida en el globo ocular, se produce entre el minuto 0 y 1. Si bien no

hubo un descenso de la temperatura tras el minuto 1, la respuesta al estímulo coincide con lo descrito por Serrano-Jara *et al.* (2023a).



**Figura 1.** Evolución de la temperatura del globo ocular en ambas líneas sin estrés térmico. LNE: Línea Low sin estrés; HNE: Línea High sin estrés; Las barras verticales indican el valor de la desviación estándar.

Bajo estrés térmico, sí se encontraron diferencias entre las líneas (**Figura 2**). En el minuto 0, antes del estímulo estresante, la línea Low presentó una temperatura más baja (37,66°C) que la línea High (37,92°C) ( $P = 95\%$ ). Este resultado podría indicar que los machos de la línea Low, en situación de estrés térmico, tienen una mayor capacidad para regular su temperatura y, por lo tanto, una mejor adaptación al medio. Al contrario que cuando los machos no estaban sometidos a un estrés térmico, no se identificó una reacción a la extracción espermática en el minuto 1 ( $P$  en la línea Low = 78%;  $P$  en la línea High = 69%), aunque sí se mantuvo la diferencia entre ambas líneas ( $P = 92\%$ ). La reacción al estímulo se observó en el minuto 5, donde la línea Low alcanzó una temperatura de 37,95°C ( $P = 99\%$  con respecto al minuto 0 y  $P = 92\%$  con respecto al minuto 1) y la línea High de 38,07°C ( $P = 88\%$  con respecto al minuto 0 y  $P = 77\%$  con respecto al minuto 1).



**Figura 2.** Evolución de la temperatura del globo ocular en ambas líneas con estrés térmico. LE: Línea Low con estrés; HE: Línea High con estrés; Las barras verticales indican el valor de la desviación estándar.

Como se puede observar, mientras la línea Low mantuvo una temperatura más baja y mostró una respuesta clara al estímulo producido por la extracción espermática, en la línea High no se pudo concluir que hubo una respuesta ( $P < 90\%$ ). Cabe la posibilidad de que la respuesta en la línea High fuese más tardía, tal y como describió (Agea *et al.*, 2021) en las hembras de esta línea, sin embargo, los resultados publicados con anterioridad en los machos (Serrano-Jara *et al.*, 2023b) muestran que a partir del minuto 1 se produce un descenso progresivo de la temperatura. Otra hipótesis que puede responder a esta situación es que la línea High presenta una menor capacidad de adaptación a los cambios de temperatura del medio y que el propio ambiente mantiene a los conejos en un estado de estrés crónico impidiendo ofrecer una respuesta observable a un estímulo de carácter agudo. En ambos casos los resultados parecen corroborar una mayor resiliencia en la

línea Low, tal y como ha sido descrito previamente a través del estudio de biomarcadores (Argente et al., 2019; Beloumi et al., 2020) y parámetros reproductivos (García et al., 2016; Argente et al., 2017).

En conclusión, la línea seleccionada por homogeneidad del tamaño de camada parece presentar una mejor adaptación a condiciones de estrés térmico que la línea seleccionada por heterogeneidad del tamaño de camada. Serían necesarios estudios posteriores para conocer el efecto del estrés térmico de sobre la calidad espermática de las líneas.

## Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/037) y ha sido financiado por MCIN con fondos de la Unión Europea NextGenerationEU (PRTR-C17.11) y por la Generalitat Valenciana.

## Bibliografía

- Agea I, García ML, Argente MJ. 2021. Preliminary Study of Body Temperature Emissivity in Rabbits Selected for Litter Size Residual Variability. *Agriculture* 11(7):604
- Argente MJ, Calle EW, García ML, Blasco A. 2017. Correlated response in litter size components in rabbits selected for litter size variability. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 134, 505-511
- Argente MJ, García ML, Zbyňovská K, Petruška P, Capcarová M, Blasco A. 2019. Correlated response to selection for litter size environmental variability in rabbits' resilience. *Animal* 13(10): 2348-2355.
- Beloumi D, Blasco A, Muelas R, Santacreu MA, García ML, Argente MJ. 2020. Inflammatory Correlated Response in Two Lines of Rabbit Selected Divergently for Litter Size Environmental Variability. *Animals* 10(9):1540
- Blasco A, Martínez-Álvaro M, García ML, Ibáñez-Escriche N, Argente MJ. 2017. Selection for environmental variance of litter size in rabbits. *Genet Sel* 49(1): 1-8.
- García ML, Blasco A, Argente MJ. 2016. Embryologic changes in rabbit lines selected for litter size variability. *Theriogenology* 15;86(5):1247-50.
- Jaén-Téllez JA, Sánchez-Guerrero MJ, López-Campos JI, Valera M, González-Redondo P. 2020. Acute stress assessment using infrared thermography in fattening rabbits reacting to handling under winter and summer conditions. *SJAR* 18(2): e0502-e0502.
- Kowalska D, Gugolek A, Bielanski P. 2011. Effect of stress on rabbit meat quality. *Ann Anim Sci* 11(3): 465-475.
- Liu H, Zhang B, Li F, Liu L, Yang T, Zhang H, Li F. 2022. Effects of heat stress on growth performance, carcass traits, serum metabolism, and intestinal microflora of meat rabbits. *Front Microbiol* 13: 998095.
- Marai IFM, Ayyat MS, Abd El-Monem UM. 2001. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand white female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *J Trop Anim Health Prod* 33:1-12
- Serrano-Jara D, Baeza M, Agea I, Argente MJ, García ML. 2023a. Evaluación del estrés con termografía de infrarrojos tras la extracción espermática en conejos. En: 47th Symposium de Cunicultura: Asociación Española de Cunicultura. León, España, pp. 142-146.
- Serrano-Jara D, Baeza M, Argente MJ, García ML. 2023b. Evaluación del estrés con termografía de infrarrojos tras la extracción espermática en conejos. En: IV Congreso Universitario Internacional e Innovación y Sostenibilidad Agroalimentaria. Orihuela, España. pp 148-154.
- Unruh EM, Theurer ME, White BJ, Larson RL, Drouillard JS, Schrag N. 2017. Evaluation of infrared thermography as a diagnostic tool to predict heat stress events in feedlot cattle. *Am J Vet Res* 78(7): 771-77.

# PATOLOGÍA

## **Evaluación de la eficacia de YURVAC® RHD frente a diferentes cepas de la enfermedad hemorrágica del conejo**

Perozo E, Fontseca M, Acal L, Nadal G, Gascon-Torrens S, March R, Sitjà M

## **Evaluación de la seguridad de YURVAC® RHD en gazapos, hembras gestantes y lactantes**

Perozo E, Fontseca M, Acal L, Gascon-Torrens S, March R, Sitjà M

## **Fundación de nuevas líneas paternas: estudio del sistema inmunitario**

Peixoto-Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Moreno-Grúa E, Martínez-Seijas C, Viana D, Arnau-Bonachera A, Ródenas L, Cambra López M, Blas E, Pascual JJ, Corpa JM.

## **Estado actual de Staphymap: Distribución de clones, perfiles antimicrobianos y virulencia**

Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM

## **Perspectiva genómica: Pangenoma y Filogenia de *Staphylococcus aureus* en conejos**

Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Mascarós P, Arnau A, Selva L, Corpa JM, Viana D

## **Explorando el mobiloma de *S. aureus* en conejos**

Martínez-Seijas C, Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM

# Evaluación de la eficacia de YURVAC® RHD frente a diferentes cepas de la enfermedad hemorrágica del conejo

*Assessment of the efficacy of YURVAC® RHD against different strains of Rabbit Haemorrhagic Disease*

**Perozo E, Fontseca M, Acal L, Nadal G, Gascon-Torrens S\*, March R, Sitjà M**

HIPRA, 17170 Amer, Spain

\*Sandra.gascon@hipra.com

## Resumen

La vacunación frente a la enfermedad hemorrágica del conejo (RHD) es la principal medida para la protección contra esta enfermedad. Por este motivo, se ha desarrollado YURVAC® RHD, la nueva vacuna recombinante indicada para la inmunización activa de conejos a partir de los 30 días de edad, para reducir la mortalidad de la enfermedad hemorrágica del conejo (RHD) causada por el virus RHD (RHDV) clásico y las cepas variantes (RHDV2), incluidas las cepas altamente virulentas. El objetivo de este estudio es demostrar la eficacia de YURVAC® RHD frente a RHD. La sustancia activa de la vacuna consiste en una proteína recombinante de la cápside del virus RHD, correspondiente a la VP60. El antígeno se obtuvo mediante tecnología de ADN recombinante. Todos los estudios de eficacia siguieron la misma estructura: un grupo de animales vacunados con YURVAC® RHD y un grupo control administrado con PBS. Con el fin de demostrar tanto el inicio como la duración de la inmunidad contra cada una de las cepas, todos los animales fueron desafiados a los 7 o 14 días y 1 año después de la vacunación. En todos los casos, los animales eran seronegativos en el momento de la vacunación. La respuesta serológica se evaluó mediante la técnica de inhibición de la hemaglutinación para la detección de anticuerpos frente a RHD. Se confirmó una duración de la inmunidad de 1 año para RHDV, RHDV2 y cepas altamente virulentas de RHDV2. El inicio de la inmunidad se estableció a los 7 días para RHDV2 y cepas altamente virulentas de RHDV2, y a los 14 días para RHDV. Los resultados confirmaron la eficacia de YURVAC RHD contra RHDV, RHDV2 y cepas altamente virulentas de RHDV2.

**Palabras clave:** YURVAC® RHD, enfermedad hemorrágica del conejo, vacuna, eficacia.

## Summary

Vaccination against Rabbit Haemorrhagic Disease (RHD) is the primary means of protection against this disease. For this reason, YURVAC® RHD, the new recombinant vaccine indicated for active immunization of rabbits from 30 days of age onwards, has been developed to reduce mortality from Rabbit Haemorrhagic Disease (RHD) caused by the classic RHD virus (RHDV) and variant strains (RHDV2), including highly virulent strains. The aim of this study was to demonstrate the efficacy of YURVAC® RHD against RHD. The active substance of the vaccine consists of a recombinant capsid protein of the RHD virus, corresponding to VP60. The antigen was obtained using recombinant DNA technology. All the efficacy studies followed the same structure: one group of animals vaccinated with YURVAC® RHD and a control group given PBS. In order to demonstrate both the onset and duration of immunity against each strain, all the animals were challenged at 7 or 14 days and 1-year post-vaccination. In all cases, the animals were seronegative at the time of vaccination. The serological response was evaluated using the haemagglutination inhibition technique to detect antibodies against RHD. A duration of immunity of 1 year was confirmed for RHDV, RHDV2, and highly virulent RHDV2 strains. The onset of immunity was established at 7 days for RHDV2 and highly virulent RHDV2 strains, and at 14 days for RHDV. The results confirmed the efficacy of YURVAC® RHD against RHDV, RHDV2, and highly virulent strains of RHDV2.

**Key words:** YURVAC® RHD, rabbit haemorrhagic disease, vaccine, efficacy.

## Introducción

La enfermedad hemorrágica del conejo es una enfermedad viral que puede ser causada principalmente por dos tipos de cepas: cepa clásica (RHDV) y cepa variante (RHDV2). Además, se ha descrito que la virulencia de las cepas variantes ha aumentado en los últimos años (Capucci *et al.*, 2017) provocando un mayor reto en la prevención de esta enfermedad. La principal medida para la protección frente a la enfermedad hemorrágica del conejo (RHD) es la vacunación. Por dicha razón, se ha desarrollado la nueva vacuna recombinante YURVAC® RHD.

El objetivo de este estudio es demostrar la eficacia de YURVAC® RHD frente a RHD y confirmar el inicio y la duración de la inmunidad frente a la cepa clásica (RHDV) y variante (RHDV2), incluyendo cepas altamente virulentas de RHDV2. El diseño del estudio se basa en la edición actual de Ph. Eur. monográfico no. 5.2.71. En el caso de los estudios de RHDV, se han seguido los requisitos establecidos en el monográfico específico 2325 "Rabbit Haemorrhagic Disease Virus (Inactivated)"

## Materiales y métodos

YURVAC® RHD es la nueva vacuna recombinante indicada para la inmunización activa de conejos a partir de los 30 días de edad, para reducir la mortalidad de la enfermedad hemorrágica del conejo (RHD) causada por el virus RHD (RHDV) clásico y las cepas variantes (RHDV2), incluidas las cepas altamente virulentas. La sustancia activa de la vacuna consiste en una proteína recombinante de la cápside del virus RHD, correspondiente a la VP60. El antígeno se obtuvo mediante tecnología de ADN recombinante. Todos los estudios de eficacia siguieron la misma estructura: un grupo de animales vacunados con YURVAC® RHD a 30 o 70 días de vida según la cepa de infección utilizada y un grupo control administrado con PBS. En la **tabla 1** se describen la cantidad de conejos que fueron utilizados en cada prueba. Con el fin de demostrar tanto el inicio como la duración de la inmunidad contra cada una de las cepas, todos los animales fueron desafiados a los 7 días, 14 días o 1 año después de la vacunación. En todos los casos, los animales eran seronegativos en el momento de la vacunación.

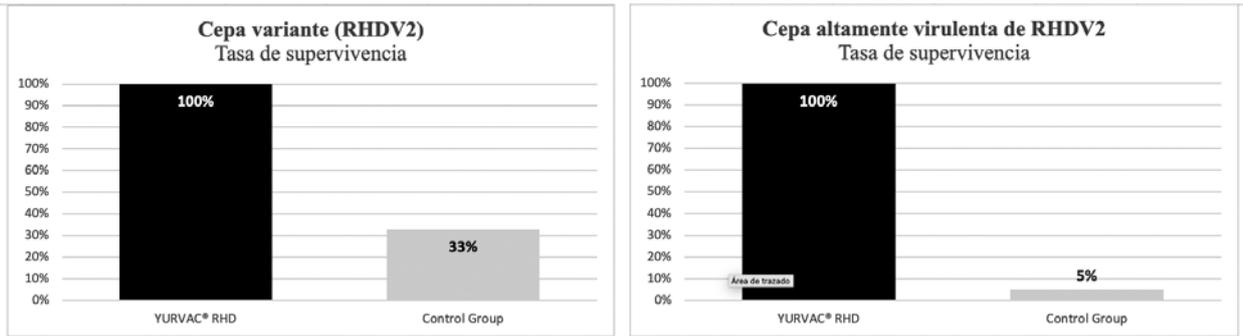
**Tabla 1.** Número de animales usados en las diferentes pruebas de eficacia.

Prueba de eficacia	Cepa de desafío	Número de animales	
		Grupo YURVAC® RHD	Grupo Control
OOI	RHDV	11	11
	RHDV2	22	21
	Cepa altamente virulenta de RHDV2	20	20
DOI	RHDV	10	10
	RHDV2	22	17
	Cepa altamente virulenta de RHDV2	24	24

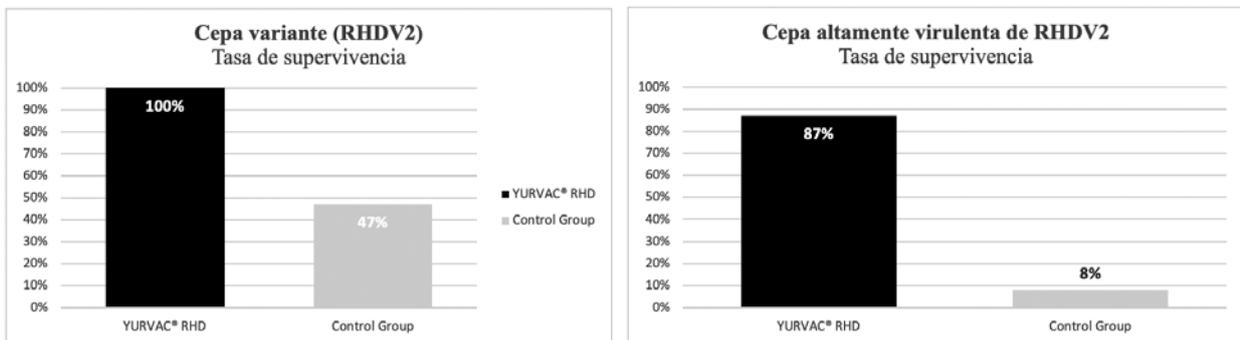
OOI: inicio de la inmunidad. DOI: duración de la inmunidad.

## Resultados y discusión

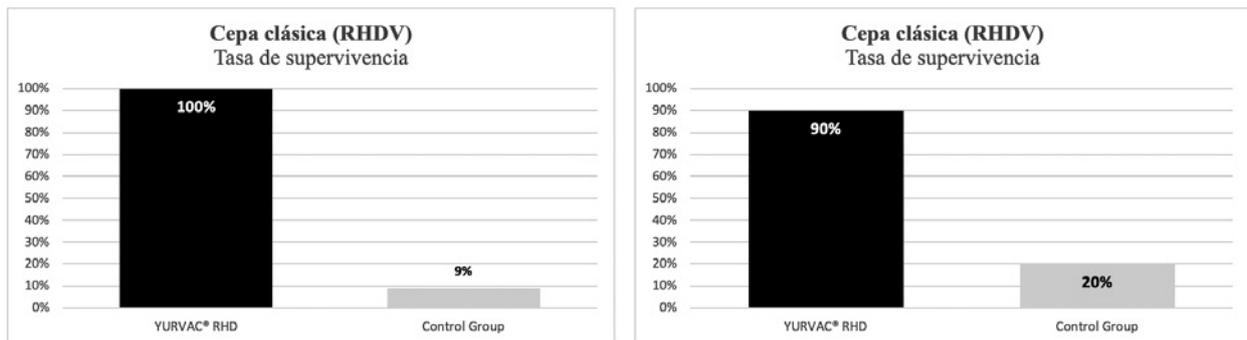
Se ha confirmado que la duración de la inmunidad frente a RHDV, RHDV2 y cepas altamente virulentas de RHDV2 es de 1 año. Se ha establecido un inicio de la inmunidad de 7 días para las cepas de RHDV2 y altamente virulentas de RHDV2, y de 14 días para la cepa clásica de RHD (**Figura 1, Figura 2 y Figura 3**).



**Figura 1.** Tasa de supervivencia después de realizar el desafío con RHDV2, 1 semana después de vacunar.



**Figura 2.** Tasa de supervivencia después de realizar el desafío con RHDV2, 1 año después de vacunar.



**Figura 3.** Tasa de supervivencia después de realizar el desafío con RHDV, 14 días y 1 año después de vacunar.

Los resultados confirman que YURVAC® RHD es eficaz frente a la cepa clásica (RHDV), las cepas variantes (RHDV2) y las cepas altamente virulentas de RHDV2.

### Bibliografía

Capucci L, Cavadini P, Schiavitto M, Lombardi G, Lavazza A. 2017. Increased pathogenicity in rabbit haemorrhagic disease virus type 2 (RHDV2). *Vet Rec* Apr 29;180(17):426.  
 European Pharmacopoeia. Section 5.2.7 "Evaluation of efficacy of veterinary vaccines and immunosera".

# Evaluación de la seguridad de YURVAC® RHD en gazapos, hembras gestantes y lactantes

*Safety evaluation of YURVAC® RHD in young rabbits, pregnant females, and lactating females*

**Perozo E, Fontseca M, Acal L, Gascon-Torrens S\*, March R, Sitjà M**

HIPRA, 17170 Amer, Spain

\*Sandra.gascon@hipra.com

## Resumen

YURVAC® RHD es la nueva vacuna recombinante frente a la enfermedad hemorrágica del conejo (RHD), la cual está indicada para su uso en conejos, incluyendo gazapos y conejas gestantes y lactantes. El objetivo de este estudio es demostrar que YURVAC® RHD es segura al administrar en la especie de destino y no afecta a los parámetros productivos y reproductivos. Todos los estudios de seguridad siguieron la misma estructura: un grupo de animales vacunados con YURVAC® RHD y un grupo control administrado con PBS. Para ello, se realizaron dos estudios pre-clínicos, uno en conejas gestantes y otra en conejas en lactación, y un estudio de campo en gazapos estabulados en 2 granjas comerciales de Francia. En todos los casos, se evaluó las reacciones locales, sistémicas, temperatura rectal y parámetros reproductivos y productivos según la prueba. En la prueba de seguridad con conejas gestantes, los resultados muestran que ninguna de las conejas presentaba un estado de salud comprometido que pudiera ser atribuible a la vacuna. En la prueba de seguridad con conejas en lactación, los resultados muestran que vacunar con YURVAC® RHD no afecta a la función reproductiva de las hembras ni a la salud de su progenie. En el estudio de campo con gazapos, ningún animal presentó signos clínicos generales. Respecto a los signos clínicos locales, un 23% de los animales presentó una inflamación <2cm a las 24 horas después de vacuna. Dicha reacción local, fue disminuyendo de forma gradual y desapareció en todos los animales 1 semana después sin necesidad de tratamiento. En conclusión, los resultados confirman que YURVAC® RHD es segura cuando se administra en conejas gestantes, lactantes y en gazapos.

**Palabras clave:** YURVAC® RHD, enfermedad hemorrágica del conejo, vacuna, seguridad.

## Summary

YURVAC® RHD is the new recombinant vaccine against Rabbit Haemorrhagic Disease (RHD), indicated for use in rabbits, including young rabbits and pregnant and lactating does. The objective of this study was to demonstrate that YURVAC® RHD is safe when administered to the target species and does not affect productive and reproductive parameters. All the safety studies followed the same structure: one group of animals vaccinated with YURVAC® RHD and a control group given PBS. Two preclinical studies were conducted, one in pregnant does and another in lactating does, along with a field study in young rabbits housed on 2 commercial farms in France. In all cases, local and systemic reactions, rectal temperature, and reproductive and productive parameters were evaluated in accordance with the study protocol. In the safety test with pregnant does, the results show that none of the does had compromised health status attributable to the vaccine. In the safety test with lactating does, the results show that vaccinating with YURVAC® RHD does not affect the reproductive function of the females or the health of their progeny. In the field study with young rabbits, none of the animals showed general clinical signs. Regarding local clinical signs, 23% of the animals presented inflammation <2cm 24 hours after vaccination. This local reaction gradually decreased and disappeared in all animals after 1 week without the need for treatment. In conclusion, the results confirm that YURVAC® RHD is safe when administered to pregnant does, lactating does, and young rabbits.

**Key words:** YURVAC® RHD, rabbit haemorrhagic disease, vaccine, safety.

## Introducción

YURVAC® RHD es la nueva vacuna recombinante frente a la enfermedad hemorrágica del conejo (RHD), la cual está indicada para su uso en conejos, incluyendo conejos de compañía, gazapos y conejas gestantes y lactantes.

El objetivo de este estudio es demostrar que YURVAC® RHD es seguro cuando se administra en gazapos y en conejas gestantes y lactantes, y que no afecta a los parámetros productivos y reproductivos. Para ello, se realizaron dos estudios pre-clínicos, uno en conejas gestantes y otra en conejas en lactación, y un estudio de campo en gazapos estabulados en 2 granjas comerciales de Francia. En todos ellos, se siguieron los requisitos descritos en el Ph. Eur. monográfico 5.2.6.: "Evaluation of safety of veterinary vaccines and immunosera". También se tuvieron en cuenta los requisitos descritos en el Ph. Eur. monográfico 2324: "Rabbit Haemorrhagic Disease vaccine (Inactivated)".

## Materiales y métodos

Todos los estudios de seguridad siguieron la misma estructura: un grupo de animales vacunados con YURVAC® RHD y un grupo control administrado con PBS. En todos los casos, se evaluaron las reacciones locales, sistémicas y la temperatura rectal el día antes de la vacunación, en el momento de la vacunación, 4 horas después de vacunar y diariamente durante 4 días post-vacunación. También se evaluó la respuesta serológica mediante la técnica de inhibición de la hemaglutinación para la detección de anticuerpos frente a RHDV2. En la **tabla 1** se describen la cantidad de conejos y los parámetros evaluados en cada prueba.

Para valorar si YURVAC® RHD se podía administrar en conejas gestantes y si afectaba a los parámetros reproductivos, se seleccionaron 38 conejas gestantes, las cuales se dividieron en 3 grupos según la fase de gestación (**Tabla 1**). Todas las conejas y su progenie fueron evaluados hasta los 14 y 4 días post-parto, respectivamente. Para evaluar que la vacunación con YURVAC® RHD de conejas en lactación no afectaba a su progenie, se seleccionaron 18 animales (**Tabla 1**). Todas las conejas y su progenie fueron monitorizados hasta el día del destete. Para evaluar que YURVAC® RHD se puede administrar a gazapos, se realizó un estudio de campo en dos granjas comerciales de Francia, la cuales seguían un manejo y tipo de producción representativas de la cunicultura en Europa. En total, se seleccionaron 5.789 gazapos de 30 días de vida, procedentes de conejas vacunadas apropiadamente frente a RHD. Todos los animales fueron monitorizados hasta el final del engorde.

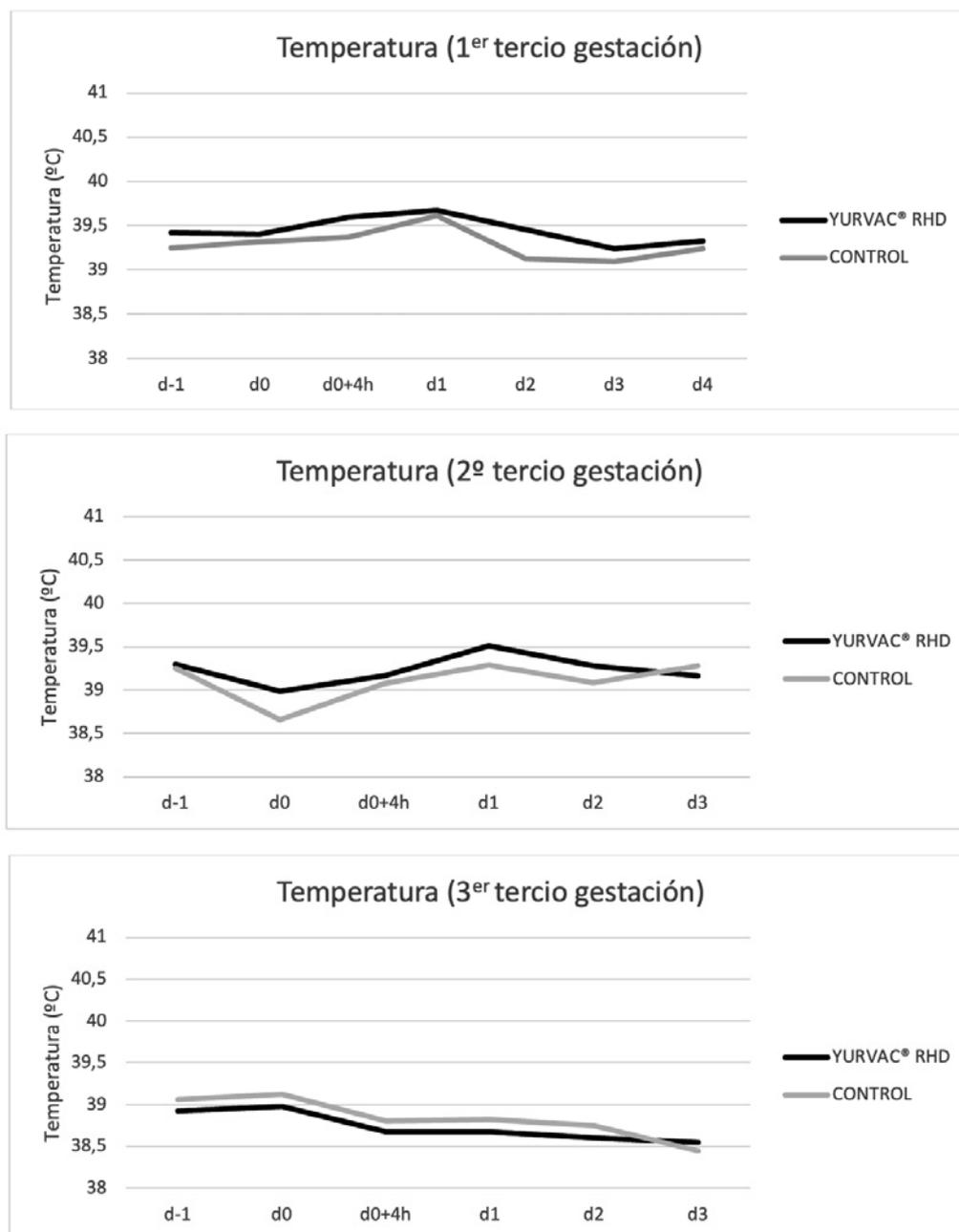
**Tabla 1.** Número de animales usados los estudios de seguridad.

Prueba de Seguridad	Descripción	Parámetros evaluados	Número de animales	
			Grupo YURVAC® RHD	Grupo Control
Conejas gestantes	Primer tercio de la gestación	Reacciones locales	9	4
	Segundo tercio de la gestación	Reacciones sistémicas	8	5
	Tercer tercio de la gestación	Temperatura corporal Parámetros reproductivos	8	4
Conejas lactantes	Conejas en lactación	Reacciones locales Reacciones sistémicas Temperatura rectal Peso corporal de la progenie	8	8
Gazapos	Gazapos de 30 días de vida	Reacciones locales Reacciones sistémicas Temperatura rectal	2.887	2.902

## Resultados y discusión

En la prueba de seguridad con conejas gestantes, los resultados muestran que ninguna de las conejas presentaba un estado de salud comprometido que pudiera ser atribuible a la vacuna. Además, no se apre-

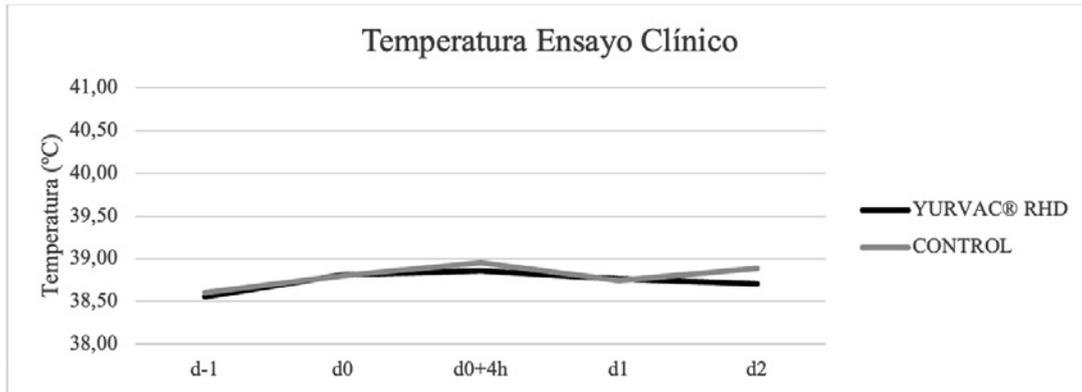
ciaron reacciones locales ni aumentos significativos en la temperatura rectal. Únicamente una de las conejas vacunadas en el segundo tercio de la gestación presentó aborto, causado por la manipulación de la coneja durante la última fase de la gestación.



**Figura 1.** Evolución de la temperatura media rectal de las conejas gestantes, desde 1 días antes de la vacunación hasta 4 días después.

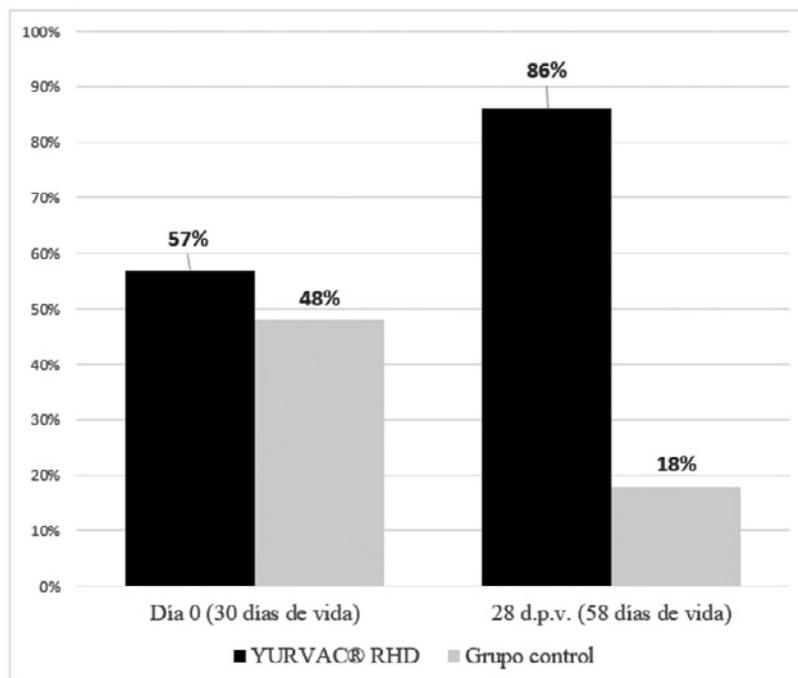
En la prueba de seguridad con conejas en lactación, los resultados muestran que vacunar con YURVAC® RHD no afecta a la función reproductiva de las hembras ni a la salud de su progenie.

En el estudio de campo con gazapos, ningún animal presentó signos clínicos generales. Respecto a los signos clínicos locales, un 23% de los animales vacunados con YURVAC® RHD presentó una inflamación <2 cm a las 24 horas después de vacunar. A las 48 horas post-vacunación, esta reacción se redujo a un 14% de los animales. Una semana después de vacunar, ninguno de los animales presentaba la inflamación. Estas reacciones locales van disminuyendo de forma gradual y desaparecen sin necesidad de tratamiento.



**Figura 2.** Evolución de la temperatura media rectal de los gazapos monitorizados en la prueba de campo.

Respecto a la serología frente a RHDV2, todas las conejas gestantes y lactantes vacunadas, inicialmente negativas, fueron seropositivas al finalizar el estudio, mostrando que la vacunación con YURVAC® RHD fue efectiva. En el estudio de campo, en el momento de la vacunación de los gazapos un 57% de los animales presentaba anticuerpos maternos, tal y como se muestra en la **Figura 3**. Al finalizar el estudio prácticamente todos los animales respondieron correctamente a la vacunación, mostrando que los anticuerpos maternos no interfieren con la vacunación.



**Figura 3.** Porcentaje de gazapos seropositivos frente a RHDV2 en el momento de la vacunación (30 días de vida) y al final del estudio de campo (58 días de vida).

Los resultados confirman que YURVAC® RHD es segura cuando se administra en conejas gestantes, lactantes y en gazapos.

## Bibliografía

European Pharmacopoeia. Section 5.2.6.: "Evaluation of safety of veterinary vaccines and immunosera  
European Pharmacopoeia. Section 2324: "Rabbit Haemorrhagic Disease vaccine (Inactivated)"

# Fundación de nuevas líneas paternas: estudio del sistema inmunitario

*Foundation of new paternal lines: a study of the immune system.*

**Peixoto-Gonçalves C<sup>1\*</sup>, Martínez-Paredes E<sup>1</sup>, Moreno-Grúa E<sup>2</sup>, Martínez-Seijas C<sup>2</sup>, Viana D<sup>2</sup>, Arnau-Bonachera A<sup>2</sup>, Ródenas L<sup>1</sup>, Cambra López M<sup>1</sup>, Blas E<sup>1</sup>, Pascual JJ<sup>1</sup>, Corpa JM<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología de la Producción Animal; Universitat Politècnica de València, 46022. Valencia, España.

<sup>2</sup>Grupo de investigación "Patología y Sanidad Animal", PASAPTA, Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Veterinaria, Universidad Cardenal Herrera-CEU, C/ Assegadors nº 2, 46115 Alfara del Patriarca, Valencia, España.

\*capeigon@upvnet.upv.es

## Resumen

Este estudio evaluó el porcentaje de leucocitos y los parámetros inmunológicos al destete en conejas y sus gazapos de tres líneas genéticas (R, RF y RFLP). La línea R fue seleccionada por elevada velocidad de crecimiento durante el período de engorde durante 37 generaciones, la línea RF se fundó a través de una alta intensidad de selección de animales de élite de la línea R, y la línea RFLP, que se obtuvo por retrocruzamiento de animales RF con la línea LP (una línea maternal longevo-productiva, caracterizada por una alta robustez). Las hembras de la línea R mostraron porcentajes más altos de monocitos que las RF (+2,1 puntos porcentuales;  $p < 0,05$ ). Los gazapos de la línea R tenían menor porcentaje de linfocitos T y CD4<sup>+</sup> que la línea RF (-8,1 y -6,1 puntos porcentuales, respectivamente;  $p < 0,05$ ) y menor porcentaje de CD25<sup>+</sup> que RFLP (-0,8 puntos porcentuales;  $p < 0,05$ ). Se observaron correlaciones positivas entre las poblaciones de leucocitos de las hembras y los gazapos al destete. Los resultados sugieren que la introducción de genética robusta por retrocruzamiento en líneas paternas de conejos puede haber mejorado el estado inmunológico de las conejas y sus camadas.

**Palabras clave:** inmunología, líneas genéticas, citometría de flujo, conejo.

## Abstract

This study evaluated the percentage of leukocytes and immunological parameters at weaning in female rabbits and their kits from three genetic lines (R, RF and RFLP). The R line was selected for a high growth rate during the fattening period for 37 generations, the RF line was founded through a high-intensity of selection of elite animals from the R line, and the RFLP line, which was obtained by backcrossing RF animals with the LP line (a long-living-productive maternal line, characterised by high robustness). Females from the R line showed higher percentages of monocytes than the RF (+2.1 percentage points;  $p < 0.05$ ). Kits from the R line had a lower percentage of T and CD4<sup>+</sup> lymphocytes than the RF line (-8.1 and -6.1 percentage points, respectively;  $p < 0.05$ ) and a lower percentage of CD25<sup>+</sup> than RFLP (-0.8 percentage points;  $p < 0.05$ ). Correlations were observed between leukocyte populations in females and kits at weaning. The results suggest that the introduction of robust genetics by backcrossing into rabbit paternal lines may have improved the immune status of the rabbit does and their litters.

**Keywords:** immunology, genetic lines, flow cytometry, rabbit.

## Introducción

A pesar de las ventajas de una alta eficiencia de producción, los animales de una población que ha sido sometida a selección intensiva por velocidad de crecimiento pueden estar predispuestos a diversos problemas de comportamiento, fisiológicos e inmunológicos (Rauw *et al.*, 1998). En un estudio utilizando conejas de una línea paternal mostró que estas tenían una menor adaptabilidad inmune a los desafíos reproductivos que las hembras seleccionadas por su alta robustez (Penadés *et al.*, 2018).

El grupo de Mejora Genética de la Universitat Politècnica de València desarrolló dos nuevas líneas genéticas para mejorar el progreso genético, la salud y la reproducción de las líneas paternas. La línea paternal R sirvió

como grupo de control, representando el fondo genético y se crearon dos nuevas líneas genéticas a partir de estos animales. La primera línea genética (RF) se formó mediante la reproducción selectiva de animales de élite de la línea R en función de su elevada velocidad de crecimiento, seleccionando específicamente individuos con una GMD superior a 60 g/d. Por otro lado, para mejorar la robustez y la resistencia a las enfermedades de la línea RF, se introdujo genética de una línea maternal (LP) por retrocruzamiento, creando la segunda línea genética (RFLP). Resultados anteriores sugieren que la línea RF produjo hembras con mejor desempeño reproductivo temprano, pero que el de las RFLP es más consistente a lo largo de su vida reproductiva (Peixoto-Gonçalves *et al.*, 2023a). Además, se observó que los conejos en crecimiento de la línea RFLP mostraron una menor mortalidad durante el período de engorde (Peixoto-Gonçalves *et al.*, 2023b). Nuestra hipótesis es que el proceso de fundación llevado a cabo con las nuevas líneas genéticas ha mejorado el estado inmunológico de sus animales.

Nuestro objetivo ha sido identificar posibles diferencias en la composición y funcionalidad del sistema inmunológico entre las líneas R, RF y RFLP mediante el análisis de poblaciones de leucocitos de sus hembras y gazapos al primer destete.

## Material y Métodos

---

El procedimiento experimental fue aprobado por el Comité Ético de Bienestar Animal de la Universitat Politècnica de València (UPV) y se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones del European Group on Rabbit Nutrition (Fernández-Carmona *et al.*, 2005) y el Real Decreto español 53/2013 sobre la protección de los animales utilizados con fines científicos.

Se utilizaron los datos al destete de 122 hembras y de 52 camadas de las líneas R, RF y RFLP. La línea R fue seleccionada por velocidad de crecimiento en el periodo de engorde durante 36 generaciones (Estany *et al.*, 1992), la línea RF se fundó a partir de una población de animales élite obtenida de diferentes núcleos, eligiendo aquellos que mostraron una alta velocidad de crecimiento. La línea RFLP fue fundada por retrocruzamiento de la línea RF y la línea maternal LP, generando animales con 7/8 de RF y 1/8 de LP. Durante el experimento se utilizó un pienso comercial para conejas jóvenes en crecimiento (con un 15,82% de proteína bruta 15,82%; y un 23,08% de fibra bruta). Los animales fueron alimentados *ad libitum* con un pienso comercial para conejas reproductoras.

Al primer destete, se recogieron, en tubos con EDTA, muestras de sangre de las conejas y de tres gazapos por camada. La sangre de los gazapos fue mezclada y procesada como una única muestra. Las muestras de sangre fueron utilizadas para caracterización inmunofenotípica mediante citometría de flujo con un CytoFLEX S flow cytometer (Beckman Coulter, Indianapolis, IN, USA), como descrito en Moreno-Grúa *et al.* (2023).

El efecto del estado fisiológico sobre el porcentaje de leucocitos en hembras se analizó mediante un modelo MIXED de SAS (Statistical Analysis System) para medidas repetidas. El porcentaje de leucocitos de los gazapos al destete se analizó mediante un modelo GLM de SAS. Los coeficientes de correlación de Pearson ( $\rho$ ) se obtuvieron utilizando PROC CORR de SAS para probar la relación entre los porcentajes de leucocitos de las hembras y de los gazapos. Se declararon diferencias significativas a  $P < 0,05$ .

## Resultados y Discusión

---

En la **Tabla 1** podemos observar los efectos del tipo genético en el porcentaje de leucocitos en la sangre de las conejas y de los gazapos al destete.

**Tabla 1.** Efecto del tipo genético en el porcentaje de leucocitos en la sangre de las conejas y sus gazapos al destete.

	Hembras				Gazapos				P-valor	
	R	RF	RFLP	SEM	R	RF	RFLP	SEM	Hembras	Gazapos
Linfocitos Totales	22,85	30,32	27,58	2,852	1,278	1,528	1,043	0,144	0,182	0,082
Linfocitos B	14,12	14,73	10,99	1,987	4,912	4,946	5,057	0,570	0,362	0,982
Linfocitos T	30,67	32,25	33,56	1,949	15,50 <sup>a</sup>	23,64 <sup>b</sup>	20,54 <sup>ab</sup>	2,176	0,404	0,036
CD4 <sup>+</sup>	20,98	23,55	24,94	1,541	9,882 <sup>a</sup>	15,98 <sup>b</sup>	13,76 <sup>ab</sup>	1,458	0,172	0,016
CD8 <sup>+</sup>	6,679	6,754	5,787	0,668	4,904	7,049	6,174	0,685	0,521	0,096
CD25 <sup>+</sup>	2,968	3,682	3,191	0,510	0,736 <sup>a</sup>	1,420 <sup>b</sup>	1,502 <sup>b</sup>	0,198	0,622	0,012
Monocitos	6,389 <sup>b</sup>	4,272 <sup>a</sup>	5,653 <sup>ab</sup>	0,479	3,589	3,483	3,839	0,419	0,011	0,835
Granulocitos	39,11	33,39	36,56	2,297	14,05	15,92	17,81	2,442	0,229	0,534
CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup>	3,646	4,174	4,848	0,404	2,191	2,360	2,288	0,135	0,101	0,679

SEM: Error estándar de la media; <sup>a,b</sup> Las medias que no comparten superíndice en una misma línea fueron significativamente diferentes a  $P < 0,05$ .

En relación a las hembras, solo se observaron diferencias significativas para el porcentaje de monocitos (+2,1 puntos porcentuales;  $P < 0,05$ ). Estos resultados están de acuerdo con Penadés *et al.* (2018) que, comparando la línea R con dos líneas maternas, observó que las hembras de la línea R mostraron los recuentos más altos de monocitos que las conejas LP.

Al destete, los gazapos de la línea R tuvieron un menor porcentaje de linfocitos T y CD4<sup>+</sup> que la línea RF (-8,1 y -6,1 puntos porcentuales, respectivamente;  $p < 0,05$ ) y menor porcentaje de CD25<sup>+</sup> que RFLP (-0,8 puntos porcentuales;  $p < 0,05$ ). A pesar de que los animales de la línea R muestran recuentos de leucocitos más bajos que otros tipos genéticos, esto no se traduce necesariamente en un peor estado inmunológico (García-Quirós *et al.*, 2014; Moreno-Grúa *et al.*, 2023). Sin embargo, en comparación con otros tipos genéticos, con LP, por ejemplo, los animales de la línea R se consideran menos robustos (García-Quirós *et al.*, 2014).

La **Tabla 2** presenta los coeficientes de correlación de Pearson que demuestran asociaciones entre el porcentaje de leucocitos en las hembras y los gazapos al destete. Un aumento en el porcentaje de linfocitos totales en las hembras corresponde a mayores porcentajes de linfocitos totales, linfocitos T, CD4<sup>+</sup> y CD8<sup>+</sup> en los gazapos (+0,339, +0,370, +0,409 y +0,305, respectivamente;  $P < 0,05$ ). Asimismo, las poblaciones de granulocitos, CD8<sup>+</sup> y CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> de hembras y gazapos también se correlacionaron al destete (+0,402, +0,297 y +0,412, respectivamente;  $P < 0,05$ ). Además, porcentajes más altos de linfocitos T y CD4<sup>+</sup> en las hembras se asocian con un aumento de CD25<sup>+</sup> en los gazapos (+0,334 y +0,295, respectivamente;  $P < 0,05$ ).

La correlación positiva entre los porcentajes de algunas poblaciones de leucocitos de hembras y gazapos sugiere una posible contribución materna a la inmunidad innata y adaptativa de la descendencia. Estos resultados se alinean con un estudio previo en cerdos, donde se observó que la mayoría de los parámetros inmunológicos estudiados eran moderado o altamente hereditarios (Clapperton *et al.*, 2008). Se ha observado que un 41% de la variabilidad del ratio CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> en conejos destetados podría explicarse por el ratio en sus madres. Teniendo en cuenta que CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> es un biomarcador de la capacidad del sistema inmunológico para recuperarse de infecciones (Tinago *et al.*, 2014), esto podría explicar por qué las hembras RFLP con ratios CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> más elevados tienen camadas con mayores tasas de supervivencia después del destete (Peixoto-Gonçalves *et al.*, 2024).

**Tabla 2.** Coeficientes de Pearson para las correlaciones entre poblaciones de leucocitos de hembras y gazapos al destete.

	Hembras					
	Linfocitos Totales	Granulocitos	Linfocitos T	CD4 <sup>+</sup>	CD8 <sup>+</sup>	CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup>
<b>Gazapos</b>						
Linfocitos totales	0,339*	-0,325	-0,009	-0,104	0,070	-0,147
Granulocitos	-0,096	0,402**	-0,059	-0,184	0,099	-0,152
Linfocitos T	0,370**	0,038	0,212	0,005	0,206	-0,149
CD4 <sup>+</sup>	0,409**	-0,015	0,217	0,031	0,180	-0,097
CD8 <sup>+</sup>	0,305*	0,046	0,214	-0,035	0,297*	-0,277
CD25 <sup>+</sup>	0,220	0,087	0,334*	0,295*	-0,055	0,219
CD4 <sup>+</sup> /CD8 <sup>+</sup>	0,222	-0,242	-0,129	0,021	-0,323	0,412**

\* P<0,05; \*\* P<0,01

Nuestros resultados demuestran que hay diferencias en el porcentaje de leucocitos según el tipo genético. La elección de animales élite y introducción de genética LP en la línea RFLP parece modificar las estrategias de adquisición y asignación de recursos, potencialmente mejorando la capacidad de la línea para enfrentar desafíos ambientales y generar una respuesta inmunológica efectiva.

Además, los perfiles inmunológicos de las conejas parecen tener efecto sobre el estado inmunológico de sus camadas, destacando posibles interacciones hembra-gazapo que influyen en los parámetros inmunológicos.

En conclusión, nuestros resultados sugieren que la aplicación de las estrategias descritas en este estudio para restablecer líneas paternas de conejos resulta efectiva para mejorar el estado de salud de los animales.

## Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la Universidad Cardenal Herrera-CEU (INDI 22/11), el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España (AGL2017-85162-C2-1-R). También se agradecen los contratos de Catarina Peixoto Gonçalves, Elena Moreno Grúa y Carmen Martínez Seijas (de la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital de la Generalitat Valenciana GRISOLIAP/2019/149, Ministerio de Educación Cultura y Deportes FPU17/02708 y Universidad CEU Cardenal Herrera respectivamente).

## Bibliografía

- Clapperton M, Glass EJ, Bishop SC. 2008. Pig peripheral blood mononuclear leucocyte subsets are heritable and genetically correlated with performance. *Animal* 2, 1575-1584.
- Estany J, Camacho J, Baselga M, Blasco A. 1992. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genetics Selection Evolution* 24, 527-537.
- Fernández-Carmona J, Blas E, Pascual JJ, Maertens L, Gidenne T, Xiccato G, García J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Science* 13, 209-228.
- García-Quirós A, Arnau-Bonachera A, Penadés M, Cervera C, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Selva L, Viana D, Corpa JM, Pascual JJ. 2014. A robust rabbit line increases leucocyte counts at weaning and reduces mortality by digestive disorder during fattening. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 161, 123-131.
- Moreno-Grúa E, Pérez-Fuentes S, Viana D, Selva L, Martínez-Paredes E, Marín-García PJ, Pascual JJ, Corpa JM, Arnau-Bonachera A. 2023. Effect of selection for growth rate on the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) immune system and its response after experimental *Staphylococcus aureus* infection. *Veterinary Research Communications* 1-14.
- Peixoto-Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Larsen T, Corpa JM, Blas E, Cambra-López M, Pascual JJ. 2023a. Reproductive performance of rabbit females from three paternal lines with a different potential for growth rate and resilience. *Animal* 17(6), 100729.
- Peixoto-Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Corpa JM, Blas E, Cambra-López M, Pascual JJ. 2023b.

- Growth performance of three paternal rabbit lines with different potentials for growth rate and resilience. *World Rabbit Sci*, 31: 221-228. <https://doi.org/10.4995/wrs.2023.19841>
- Peixoto-Gonçalves C., Martínez-Paredes E, Moreno-Grua ., Martínez-Seijas C, Viana D, Arnau-Bonachera A, Ródenas L, Cambra-López M, Blas E, Pascual JJ, Corpa JM. 2024. Immunological studies on new rabbit paternal lines with a different potential for growth rate and resilience. Pathways towards healthier animals. *Animal* (submitted)
- Penadés M, Arnau-Bonachera A, García-Quirós A, Viana D, Selva L, Corpa JM, Pascual JJ. 2018. Long-term implications of feed energy source in different genetic types of reproductive rabbit females. II. Immunologic status. *Animal* 12(9), 1877-1885.
- Rauw WM, Kanis E, Noordhuizen-Stassen EN, Grommers FJ. 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock production science* 56(1), 15-33.
- Tinago W, Coghlan E, Macken A, McAndrews J, Doak B, Prior-Fuller C, Lambert JS, Sheehan GJ, Mallon PWG. Mater Immunology Study Group. 2014. Clinical, immunological and treatment-related factors associated with normalised CD4+/CD8+ T-cell ratio: effect of naive and memory T-cell subsets. *PloS one* 9(5), e97011.

# Estado actual de Staphymap: Distribución de clones, perfiles antimicrobianos y virulencia

*Current status of Staphymap: Distribution of clones, antimicrobial profiles, and virulence.*

**Mascarós P\*, Díaz-Méndez JF, Martínez-Seijas C, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM**

Grupo de investigación "Patología y Sanidad Animal", PASAPTA, Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Veterinaria, Universidad Cardenal Herrera-CEU, CEU Universities, c/ Assegadors nº 2, 46115 Alfara del Patriarca, Valencia, Spain.

\*patricia.mascarosnunez@uchceu.es

## Resumen

El análisis de 635 cepas de *Staphylococcus aureus* obtenidas en España reveló una predominancia del CC121, seguido del CC96, representando juntos casi el 90% de las cepas estudiadas. Sin embargo, se observó un incremento en la presencia de otros complejos clonales como CC5, CC398 y CC130 en comparación con estudios anteriores. Se identificaron correlaciones entre la severidad de la lesión y los genes de virulencia, indicando una adaptación a diferentes entornos y patologías. Además, se observaron genes diferenciales entre complejos clonales, lo que podría ofrecer nuevas perspectivas sobre la virulencia de la bacteria y posibles blancos terapéuticos. La alta proporción de cepas multirresistentes subraya la necesidad urgente de estrategias de manejo de antimicrobianos. Estos resultados resaltan la importancia de una vigilancia continua de la resistencia antibiótica y la virulencia de *S. aureus*, así como la adaptación de estrategias de prevención y control a las características genéticas y epidemiológicas de las cepas en circulación.

**Palabras clave:** *Staphylococcus aureus*, conejo, resistencias a antibióticos, virulencia, distribución geográfica.

## Abstract

The analysis of 635 strains of *Staphylococcus aureus* obtained in Spain revealed a predominance of CC121, followed by CC96, together representing almost 90% of the strains studied. However, an increase in the presence of other clonal complexes such as CC5, CC398, and CC130 was observed compared to previous studies. Correlations between the severity of the lesion and virulence genes were identified, indicating adaptation to different environments and pathologies. Additionally, differential genes between clonal complexes were observed, which could offer new insights into the virulence of the bacteria and potential therapeutic targets. The high proportion of multi-resistant strains underscores the urgent need for antimicrobial management strategies. These results highlight the importance of continuous surveillance of antibiotic resistance and virulence in *S. aureus*, as well as the adaptation of prevention and control strategies to the genetic and epidemiological characteristics of circulating strains.

**Keywords:** *Staphylococcus aureus*, rabbit, antibiotic resistance, virulence, geographical distribution.

## Introducción

*Staphylococcus aureus* es una bacteria patógena conocida por causar diversas enfermedades en la cunicultura, como mastitis, pododermatitis y abscesos. La resistencia antibiótica que adquiere representa un desafío importante en el tratamiento de estas enfermedades. Al tratarse de un microorganismo multirresistente las opciones terapéuticas disponibles son limitadas, y la rápida propagación de estas resistencias, impulsada por mecanismos como la transferencia horizontal de genes y la selección natural de mutantes resistentes, agrava aún más este problema (Aires-de-Sousa, 2017).

En este contexto, el presente estudio se centra en examinar una muestra representativa de cepas de *S. aureus* de España, identificando complejos clonales predominantes y evaluando su resistencia a los antibióticos. Además, se investiga la presencia de genes de virulencia, con el objetivo de obtener una comprensión más profunda de la patogenicidad de esta bacteria.

## Material y métodos

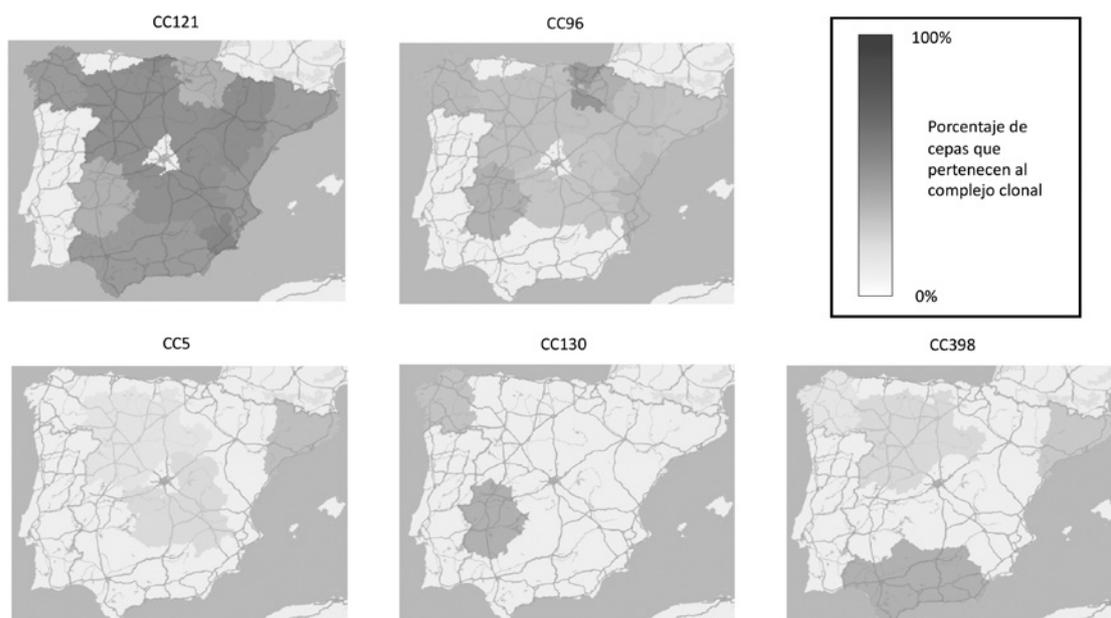
**Aislamiento de cepas:** Se emplearon 635 muestras de *S. aureus* recolectadas en la Península Ibérica entre 2021 y 2023, cultivadas en agar sangre al 5% con colistina y ácido nalidixico, incubadas a 37°C durante 24 horas y seleccionadas según morfología y hemólisis (colonias sospechosas de *S. aureus*, con o sin hemólisis y con color blanco a dorado). Se confirmaron por PCR utilizando genes de coagulasa y proteína A.

**Análisis de virulencia:** Se secuenció el genoma completo de todas las muestras usando Hiseq XTen de Illumina (150x2 pb) y se analizaron con Bacannot (Almeida *et al.*, 2023) para datos genéticos.

**Análisis de resistencias:** Se realizó un antibiograma para resistencias fenotípicas mediante el método de difusión en placa con disco (Bernal y Guzmán, 1984).

## Resultados y discusión

De las 635 cepas de *Staphylococcus aureus* que fueron objeto de análisis, se observó que aquellas pertenecientes al complejo clonal 121 (CC121) fueron las más frecuentemente aisladas, con un total de 432 muestras, seguidas por el CC96 con 134 muestras, lo que representa el 89,13% del total de cepas evaluadas. Estos resultados concuerdan con los hallazgos observados en trabajos previos (Penadés *et al.*, 2020). Por otro lado, se observó un aumento en la prevalencia de otros complejos clonales, siendo el CC5, CC398 y CC130 los siguientes más frecuentes actualmente.



**Figura 1.** Mapas de distribución de cepas por complejo clonal y Comunidades Autónomas

Respecto a su distribución geográfica en la Península Ibérica (**Figura 1**), se observa que el CC121 y CC96 están ampliamente distribuidos a lo largo de todo el territorio, mientras que el CC5 se encuentra principalmente en Castilla la Mancha, Castilla y León y Cataluña; el CC398 ha sido aislado en Galicia, Castilla y León, Andalucía y Cataluña; y el CC130 exclusivamente en Galicia y Extremadura. Otros complejos clonales detectados en este estudio, aunque en menor medida, incluyen al CC1, CC15, CC8 y CC425. Estos complejos clonales exhiben una distribución geográfica más restringida, encontrándose en territorios más delimitados.

En el ámbito de las resistencias a los antibióticos, se observó que una significativa cantidad de cepas eran multiresistentes, lo que implica que exhibieron resistencias *in vitro* a tres o más familias de antibióticos. En algunos complejos clonales, se observó que más del 50% de las cepas analizadas tenían resistencias a una o más moléculas de cada familia antibiótica, como se detalla en la **Tabla 1**. Esta situación plantea un desafío terapéutico significativo, dado que en la mayoría de los casos el número de alternativas terapéuticas disponibles es notablemente limitado.

Entre los 10 antibióticos evaluados, se destaca que la familia de las fluoroquinolonas (norfloxacino y ciprofloxacino, y extrapolable para su aplicación en granjas con enrofloxacino) presentó el mayor número de casos de resistencia. Por otro lado, se observa que las sulfonamidas (trimetoprim-sulfametoxazol, y extrapolable para su uso en granja con sulfadimetoxina y sulfaquinoxalina) exhiben el menor número de resistencias en comparación con las otras familias de antibióticos.

**Tabla 1.** Resistencia antibiótica de complejos clonales por familia de antibióticos.

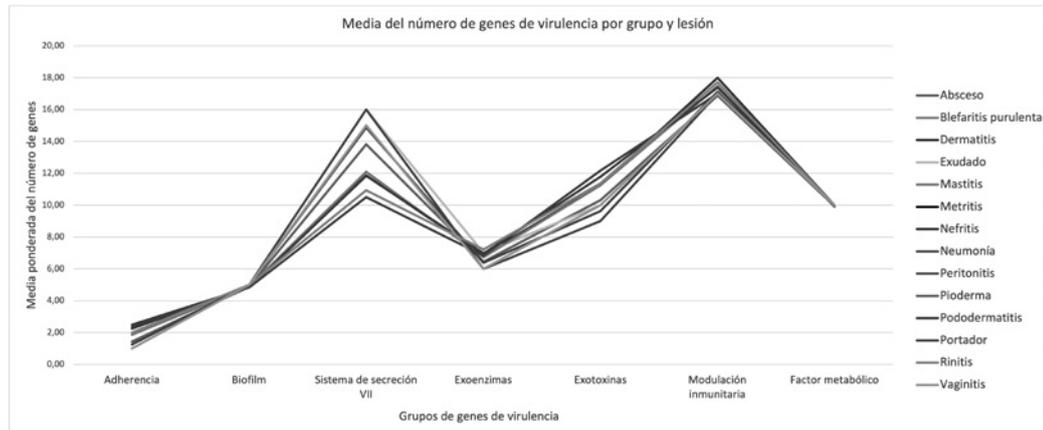
Antibióticos empleados en granja	Familia de antibióticos (número de moléculas testadas <i>in vitro</i> )	CC con >50% de cepas resistentes (número de moléculas con resistencia)
Apramicina	AMINOGLUCÓSIDOS (2)	CC121 (2)
Gentamicina		CC96 (1)
Neomicina		CC5 (1) CC398 (2)
Tilmicosina	MACRÓLIDOS (1)	CC121 (1)
Tulatromicina		CC130 (1)
Espiramicina Gamitromicina		
Bencilpenicilina	β-LACTÁMICOS (3)	CC5 (1)
Amoxicilina		CC130 (2) C398 (1)
Sulfadimetoxina	SULFONAMIDAS (1)	
Sulfaquinoxalina		
Doxiciclina	TETRACICLINAS (1)	CC121 (1)
Oxitetraciclina		CC96 (1) CC398 (1)
Enrofloxacino	FLUOROQUINOLONAS (2)	CC121 (2)
		C96 (2)
		CC5 (2)
		CC130 (2)
		CC398 (2)

Al analizar con mayor detalle los complejos clonales más predominantes en el estudio, se observa que más del 50% de los aislados pertenecientes al CC121 exhibieron resistencia a siete moléculas distintas, pertenecientes a cuatro familias de antibióticos (aminoglucósidos, macrólidos, tetraciclinas y fluoroquinolonas), como se puede observar en la tabla. En el caso del CC96, se observó que las cepas mostraron resistencia a cinco moléculas, provenientes de tres familias de antibióticos. Sin embargo, tras un análisis más exhaustivo, se evidenció que, si bien a nivel individual las cepas del CC121 presentaron una menor probabilidad de ser multirresistentes, al considerar el conjunto de cepas, se observó una mayor variabilidad en este aspecto.

En el análisis de los factores de virulencia, se constató que el recuento de genes asociados a la virulencia en las distintas cepas no mostraba una correlación con factores geográficos, si bien se identificaron genes diferenciales a nivel de complejo clonal. De acuerdo con la filogenia de las cepas estudiadas, se determinó que un máximo de 10 genes pueden ser diferenciales entre complejos clonales. Se hipotetiza que estos genes podrían desempeñar un papel crucial en las disparidades de virulencia observadas tanto *in vitro* como *in vivo* en estudios previos (Penadés *et al.*, 2020).

Adicionalmente, se exploró la relación entre el número de genes de virulencia presentes en las cepas y la severidad de la lesión de la cual fueron aisladas, como se muestra en la **figura 2**. En la gráfica se puede observar que el número de genes vinculados al sistema de secreción VII y a las exotoxinas son los más variables. En el caso de los sistemas de secreción, se observa una tendencia: a medida que la lesión es más profunda o grave, las cepas tienden a albergar un mayor número de genes relacionados con este grupo. Esta correlación podría explicarse dado que el sistema de secreción VII está normalmente asociado en el genoma con otros

determinantes de virulencia como toxinas o genes de evasión inmunitaria (Bowman y Palmer, 2021). En contraste, en el caso de las exotoxinas, la situación se invierte: las lesiones menos profundas exhiben una mayor presencia de genes asociados a este grupo. Esto podría deberse a que las exotoxinas generalmente se han asociado a lesiones de tipo exfoliativo en piel y mucosas, y a intoxicaciones alimentarias, aunque también son capaces de producir patologías más graves como el síndrome de shock tóxico (Zhu *et al.*, 2023).



**Figura 2.** Media del número de genes analizados por grupo de virulencia, en relación con la lesión de origen de las muestras.

En conclusión, la prevalencia de complejos clonales de *Staphylococcus aureus* en la Península Ibérica está liderada por CC121 y CC96, seguidos por un aumento en la frecuencia de CC5, CC398 y CC130, reflejando cambios en la distribución genética de la bacteria. Por otra parte, la alta proporción de cepas multiresistentes a los antibióticos presenta un desafío terapéutico significativo y resalta la importancia de estrategias de manejo adecuadas de antimicrobianos. A pesar de las investigaciones previas, el análisis detallado revela una mayor variabilidad en las resistencias a los antibióticos dentro del CC121, lo que sugiere una dinámica más diversa en la evolución de las resistencias en esta cepa.

Adicionalmente, la correlación entre la severidad de la lesión y la presencia de genes de virulencia, particularmente en relación con los sistemas de secreción VII y las exotoxinas, sugiere una adaptación genómica específica a diferentes ambientes tisulares y patologías asociadas. La identificación de genes diferenciales entre complejos clonales destaca posibles marcadores genéticos asociados con la virulencia de *Staphylococcus aureus*, lo que podría conducir a un mejor entendimiento de su patogenicidad y a nuevas estrategias terapéuticas.

Estos hallazgos subrayan la importancia de una vigilancia continua de la resistencia antibiótica y la virulencia de *Staphylococcus aureus*, así como la necesidad de estrategias de prevención y control adaptadas a las características genéticas y epidemiológicas de las cepas circulantes.

## Agradecimientos

Este proyecto está financiado por la Universidad CEU Cardenal Herrera (INDI22/11), el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2020-117897RB-I00) y la Generalitat Valenciana (Prometeo CIPROM-2021-053). Los contratos predoctorales de Carmen Martínez Seijas, José Francisco Díaz Méndez y Patricia Mascarós Núñez están financiados por la Universidad CEU Cardenal Herrera. Agradecemos a los ganaderos, veterinarios y al laboratorio Exopol S.L. por su colaboración esencial en la toma de muestras e información para el proyecto.

**Bibliografía**

---

- Aires-de-Sousa M. 2017. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* among animals: current overview. *Clinical Microbiology and Infection* 23(6), 373-380.
- Almeida FMd, Campos TAd, Pappas Jr GJ. Scalable and versatile container-based pipelines for de novo genome assembly and bacterial annotation. 2023. [version 1; peer review: awaiting peer review]. *F1000Research* 12:1205.
- Bernal RM, Guzmán M. 1984. El Antibiograma de discos. Normalización de la técnica de Kirby-bauer. *Biomédica* 4(3-4), 112-121.
- Bowman L, Palmer T. 2021. The Type VII Secretion System of *Staphylococcus*. *Annu Rev Microbiol* Oct 8;75:471-494. doi: 10.1146/annurev-micro-012721-123600. Epub 2021 Aug 3. PMID: 34343022.
- Penadés M, Viana D, García-Quirós A, Muñoz-Silvestre A, Moreno-Grua E, Pérez-Fuentes S, Pascual JJ, Corpa JM, Selva L. 2020. Differences in virulence between the two more prevalent *Staphylococcus aureus* clonal complexes in rabbitries (CC121 and CC96) using an experimental model of mammary gland infection. *Vet Res* Feb 13;51(1):11.
- Zhu Z, Hu Z, Li S, Fang R, Ono HK, Hu DL. 2023. Molecular Characteristics and Pathogenicity of *Staphylococcus aureus* Exotoxins. *Int J Mol Sci* Dec 28;25(1):395.

# Perspectiva genómica: Pangenoma y Filogenia de *Staphylococcus aureus* en conejos

*Current status of Staphymap: Distribution of clones, antimicrobial profiles, and virulence.*

**Díaz-Méndez JF\*, Martínez-Seijas C, Mascarós P, Arnau A, Selva L, Corpa JM, Viana D**

Grupo de investigación "Patología y Sanidad Animal", PASAPTA, Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Veterinaria, Universidad Cardenal Herrera-CEU, CEU Universities, c/ Assegadors nº 2, 46115 Alfara del Patriarca, Valencia, Spain

\*jose.diazmendez@uchceu.es

## Resumen

La cunicultura española desempeña un papel económico esencial, abarcando la producción de carne, piel y pelo de conejo. Sin embargo, la presencia de *Staphylococcus aureus* plantea desafíos críticos, generando pérdidas económicas significativas debido a diversas patologías en conejos. Este estudio se enfoca en la filogenia y el pangenoma de 245 cepas aisladas en diferentes granjas de España, destacando la importancia de complejos clonales como el CC121 y CC96. Estos complejos exhiben diferencias en virulencia y resistencia a antibióticos, desempeñando un papel esencial en la intrincada filogenia de *S. aureus* en la cunicultura. Se profundiza en la relevancia de *S. aureus* como organismo modelo en la investigación genómica y molecular, brindando una perspectiva sobre la evolución dinámica de las cepas. La investigación revela una alta variabilidad genómica, con más del 40% de genes exclusivos en algunas cepas, especialmente en relación con los CC. El análisis estadístico señala diferencias significativas entre CCs, destacando la influencia de eventos de diferenciación desde la década de 1960, coincidiendo con la industrialización de la cría de conejos en España. Estos resultados ofrecen una comprensión profunda de la dinámica genómica de *S. aureus* en la cunicultura española, con implicaciones clave para estrategias de control y prevención. La datación de nodos en el árbol filogenético refuerza la relevancia temporal de estos eventos, contribuyendo a la identificación de nuevas estrategias de tratamiento.

**Palabras clave:** Filogenia, Pangenoma, *Staphylococcus aureus*, Complejo clonal, Conejo

## Abstract

The Spanish rabbit farming industry plays an essential economic role, encompassing the production of rabbit meat, skin, and fur. However, the presence of *Staphylococcus aureus* poses critical challenges, leading to significant economic losses due to various pathologies in rabbits. This study focuses on the phylogeny and pangenome of 245 strains isolated from different farms in Spain, emphasizing the importance of clonal complexes such as CC121 and CC96. These complexes exhibit differences in virulence and antibiotic resistance, playing a crucial role in the intricate phylogeny of *S. aureus* in rabbit farming. The study delves into the relevance of *S. aureus* as a model organism in genomic and molecular research, providing insight into the dynamic evolution of strains. The research reveals high genomic variability, with over 40% of unique genes in some strains, particularly related to clonal complexes. Statistical analysis indicates significant differences between clonal complexes, highlighting the influence of differentiation events since the 1960s, coinciding with the industrialization of rabbit breeding in Spain. These results offer a profound understanding of the genomic dynamics of *S. aureus* in Spanish rabbit farming, with key implications for control and prevention strategies. Dating of nodes in the phylogenetic tree reinforces the temporal relevance of these events, contributing to the identification of new treatment strategies.

**Keywords:** Phylogeny, Pangenome, *Staphylococcus aureus*, Clonal Complex, Rabbit.

## Introducción

La cunicultura en España ha experimentado una evolución significativa desde la década de 1950, adoptando un enfoque industrial en las décadas subsiguientes. Su contribución económica es esencial, abarcando la

producción de carne, piel y pelo de conejo, con aplicaciones diversas en investigación, repoblaciones cinegéticas y compañía (González Redondo y Caravaca Rodríguez, 2007).

Sin embargo, se plantea un desafío crítico con la presencia de *Staphylococcus aureus* en la cunicultura, generando notables pérdidas económicas, manifestándose principalmente en infecciones cutáneas, trastornos respiratorios y enfermedades sistémicas (Barthe *et al.*, 2009). La alta capacidad de diseminación en las granjas representa un problema para los productores.

El objetivo de esta investigación se centra en la filogenia y el pangenoma, que es el conjunto global de genes presentes en un grupo de organismos relacionados, abarcando tanto los genes compartidos por todas las cepas, denominado genoma central, como aquellos específicos de algunas cepas individuales, llamado genoma accesorio; con el propósito de explorar la diversidad genética en la cunicultura. Se enfatiza la importancia de complejos clonales (CC), tales como el CC121 y CC96, predominantes en la Península Ibérica, así como otros como CC1, CC5, CC45 y CC398, cada uno caracterizado por distintivas composiciones genómicas. Estos CC no solo exhiben diferencias en virulencia y resistencia a antibióticos, sino que también desempeñan un papel esencial en la intrincada filogenia de *S. aureus* en la cunicultura.

Este enfoque proporciona una perspectiva sobre la evolución dinámica de las cepas aisladas, contribuyendo a una comprensión más profunda de la epidemiología de *S. aureus* en cunicultura. Las implicaciones cruciales para la identificación de nuevas estrategias de tratamiento se fundamentan en la caracterización minuciosa del pangenoma, considerando la diversidad de CCs presentes en las poblaciones de conejos en España.

## Material y métodos

**Secuenciación:** Un total de 245 cepas de *S. aureus* aisladas de conejos en granjas de la Península Ibérica fueron secuenciadas mediante la técnica paired-end 2x150pb con Hiseq XTen de Illumina en Sequencing Multiplex S.L (Paterna, Valencia).

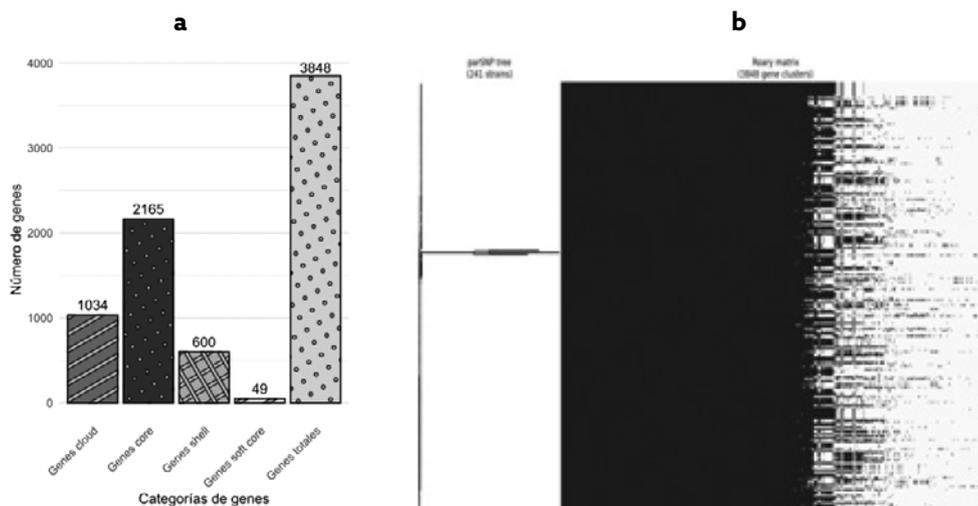
**Análisis bioinformático:** Se aplicó preprocesamiento y control de calidad a las secuencias brutas con FastP v0.23.2 (Chen *et al.*, 2018) y FastQC. El ensamblaje se realizó usando Shovill 0.7.1, seguido de evaluación de calidad con Quast. La anotación genómica se ejecutó mediante Prokka 1.14.6 (Seemann, 2014). Para el pangenoma, se utilizó Panaroo (Tonkin-Hill *et al.*, 2020). El árbol filogenético se construyó con IqTree (Nguyen *et al.*, 2015) con el modelo de sustitución GTR+F+I+R2 con 2000 bootstrap y se añadió la datación del árbol con Bactdating (Didelot *et al.*, 2018).

**Cepas de referencia:** Se han utilizado 12 cepas de *S. aureus* de referencia de diferentes hospedadores, como, cigüeña, oveja, cabra, vaca, humano, cerdo y otras de conejo (ASM1342v1, ASM2429682v1, ASM900v1, ERR387096, ERS659508, ERS659506, ERS659543, ERS4418221, SRR10426515, ERR1991977 y dos cepas antiguas propias), y 3 cepas de otras especies (ASM70941v1, ASM609437v1 y ASM1612671v1).

**Análisis estadístico.** Se realizaron pruebas estadísticas ANOVA y Test de Tukey, complementadas con el enfoque MCMC (Monte Carlo Markov Chain) para una evaluación más exhaustiva. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando R.

## Resultados y discusión

En el presente estudio, se llevó a cabo la secuenciación de un total de 245 cepas, de las cuales 4 fueron excluidas debido a fallos en los controles de calidad. Entre las características derivadas de la secuenciación se encuentra un tamaño medio del genoma de aproximadamente 2.750.534,574 pb, con una media de 48 contigs y un contenido de GC del 33%, entre otros parámetros, siendo similares a otros publicados. El análisis del pangenoma reveló la presencia de 3.848 genes diferentes en las cepas estudiadas (**Figura 1a**), donde el 57,5% de estos genes estuvieron presentes de manera consistente en todas las cepas, totalizando 2.214 genes. Este resultado refleja una elevada variabilidad genómica, con más del 40% de variabilidad, representada por 1.634 genes detectados no presentes en todas las cepas (**Figura 1b**).

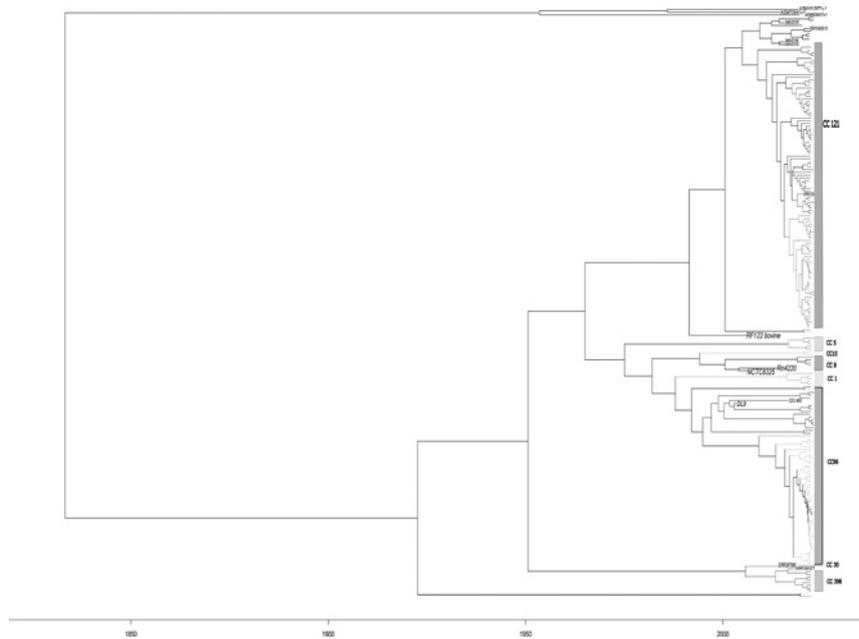


**Figura 1.** Diversidad Genómica y Variabilidad en la Presencia de Genes de *S. aureus* en Conejos. Visualización de la distribución de genes según sus categorías correspondientes (a). En la **figura 1b**, se presenta una matriz que refleja la presencia (azul) o ausencia de genes (blanco).

Se investigaron posibles diferencias significativas en el número de genes según el CC al que pertenecen las cepas. El análisis estadístico indicó disparidades entre grupos, aspecto que podría ser crucial para comprender su capacidad de diseminación. Existen diferencias en el número de genes entre diferentes grupos de CC, siendo los CC96 y CC398 los que presentan un mayor número de genes significativamente ( $p$ -valor $<0,05$ ) en comparación con otros CC, como es el caso del CC121, CC5, CC130 y CC45. Por otra parte, se identificaron un total de 469 genes exclusivos según el CC. La **Tabla 1** detalla el número de genes exclusivos para cada CC, destacando la presencia predominante de proteínas hipotéticas cuya función aún se desconoce. Dentro de los restantes genes, se encontraron genes de virulencia y resistencia a antibióticos, como los genes *mecC2* y *mecR1* (Małyszko *et al.*, 2014), exclusivos del CC96.

**Tabla 1.** Genes exclusivos en función del Complejo Clonal.

CC	Nº de Genes	Nº de Genes (excluyendo Hypothetical proteins)
1	18	1
5	43	0
8	28	1
15	26	4
45	13	0
96	69	22
121	24	2
130	78	20
398	131	18



**Figura 2.** Árbol filogenético enraizado con datación bayesiana de las cepas de *S. aureus* en España con otras cepas de referencia.

Finalmente, se llevó a cabo la filogenia de las cepas, incorporando cepas de referencia. Para la datación del árbol se ha empleado la fecha de aislamiento de las muestras con inferencias bayesianas. En la **Figura 3**, se visualiza la evolución temporal de las cepas, señalando un evento de diferenciación en la década de 1960 que dio origen a dos grupos filogenéticamente distintos. Uno de estos grupos evolucionó hacia cepas del CC121, mientras que el otro dio lugar a cepas del CC5, CC1, CC8, CC15, CC30 y CC96. Esta filogenia sugiere un hecho intrigante: a medida que la cría de conejos se industrializó en España, los eventos de diferenciación aumentaron considerablemente, coincidiendo con otras publicaciones que demuestran el cambio de hospedador, de humano a conejo (Viana *et al.*, 2015). Por lo tanto, se puede hipotetizar que conforme se industrializó la cría de conejo, han ido surgiendo nuevas variantes de *S. aureus* con potencial de adaptarse al hospedador.

En conclusión, el estudio ha revelado una notable variabilidad genómica en las cepas de *S. aureus* aisladas de conejos en España. La diversidad en el número de genes, especialmente en relación con los CC, sugiere posibles adaptaciones genéticas asociadas con la capacidad de diseminación de *S. aureus* en esta población. Además, la presencia de genes exclusivos y la filogenia destacan eventos de diferenciación significativos, con una notoria influencia de la industrialización de la cría de conejos en España en la evolución genómica de estas cepas a lo largo del tiempo. Estos hallazgos proporcionan perspectivas valiosas para comprender la dinámica genómica y la evolución de *S. aureus* en conejos, con implicaciones potenciales para estrategias de control y prevención.

### Agradecimientos

Este proyecto está financiado por la Universidad CEU Cardenal Herrera (INDI22/11), el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2020-117897RB-I00) y la Generalitat Valenciana (Prometeo CIPROM-2021-053). Los contratos predoctorales están financiados por la Universidad CEU Cardenal Herrera. Agradecemos a los ganaderos, veterinarios y al laboratorio Exopol S.L. por su colaboración esencial en la toma de muestras e información para el proyecto.

### Bibliografía

Barthe C, Hermans K, Haesebrouck F. 2009. Main pathologies associated with *Staphylococcus aureus* infections in rabbits: a review. *World Rabbit Science* 17(3), 115-125.  
 Chen S, Zhou Y, Chen Y, Gu J. (2018). *fastp*: an ultra-fast all-in-one FASTQ preprocessor. *Bioinformatics*,34(17), i884-i890.

- Didelot X, Croucher N J, Bentley SD, Harris SR, Wilson DJ. 2018. Bayesian inference of ancestral dates on bacterial phylogenetic trees. *Nucleic Acids Research* 46(22).
- González Redondo P, Caravaca Rodríguez FP. 2007. Producción de conejos de aptitud cárnica. *Sistemas Ganaderos En El Siglo XXI, 2007*, ISBN 978-84-472-0929-3, Págs. 443-461, 30, 443-461.
- Małyżsko I, Schwarz S, Hauschild T. 2014. Detection of a new *mecC* allotype, *mecC2*, in methicillin-resistant *Staphylococcus saprophyticus*. *The Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 69(7), 2003-2005.
- Nguyen LT, Schmidt HA, Von Haeseler A, Minh BQ. 2015. IQ-TREE: A fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Molecular Biology and Evolution* 32(1), 268-274.
- Seemann T. 2014. Prokka: rapid prokaryotic genome annotation. *Bioinformatics (Oxford, England)* 30(14), 2068-2069.
- Tonkin-Hill G, MacAlasdair N, Ruis C, Weimann A, Horesh G, Lees JA, Gladstone RA, Lo S, Beaudoin C, Floto RA, Frost SDW, Corander J, Bentley SD, Parkhill J. 2020. Producing polished prokaryotic pangenomes with the Panaroo pipeline. *Genome Biology* 21(1), 1-21.
- Viana D, Comos M, McAdam PR, Ward MJ, Selva L, Guinane CM, González-Muñoz BM, Tristan A, Foster SJ, Ross Fitzgerald J, Penadés JR. 2015. A single natural nucleotide mutation alters bacterial pathogen host tropism. *Nature Genetics* 47(4), 361-366.

# Explorando el mobiloma de *S. aureus* en conejos

*Exploring the mobilome of S. aureus isolates from rabbits*

**Martínez-Seijas C\*, Mascarós P, Díaz-Méndez JF, Arnau A, Selva L, Viana D, Corpa JM**

Grupo de investigación "Patología y Sanidad Animal", PASAPTA, Instituto de Ciencias Biomédicas, Facultad de Veterinaria, Universidad Cardenal Herrera-CEU, CEU Universities, c/ Assegadors nº 2, 46115 Alfara del Patriarca, Valencia, Spain

\*jose.diazmendez@uchceu.es

## Resumen

*Staphylococcus aureus* destaca por su plasticidad genética que facilita la adquisición de resistencia y virulencia. El incremento de casos de estafilococias en granjas de conejos sugiere que las cepas podrían estar desarrollando nuevos mecanismos de resistencia y virulencia potencialmente alojados en elementos genéticos móviles (EGMs). El análisis de EGMs reveló que las cepas presentaron principalmente bacteriófagos y plásmidos. Las islas de patogenicidad (SaPIs) tuvieron una presencia limitada y no se asociaron con los complejos clonales predominantes (CC121 y CC96). El análisis del número de EGMs por cepa reveló que el CC96 tiene más EGMs que el CC121. Posteriormente, se seleccionaron algunos de los genes de resistencia más frecuentes para valorar su movilidad por transducción generalizada y lateral. Los resultados, aunque aún preliminares sugieren que estos genes podrían ser movilizables y recalcarían la importancia de seguir monitorizando este método de transmisión genética entre las bacterias.

**Palabras clave:** *S. aureus*, bacteriófago, plásmidos, epidemiología, conejo.

## Abstract

*Staphylococcus aureus* is remarkable for its genetic plasticity that facilitates the acquisition of resistance and virulence. The increase of staphylococcal cases in rabbit farms suggests that strains could be developing new resistance and virulence mechanisms potentially located in mobile genetic elements (MGEs). Analysis of MGEs revealed that the strains presented mainly bacteriophages and plasmids. Pathogenicity islands (SaPIs) had a limited presence and were not associated with the predominant clonal complexes (CC121 and CC96). Analysis of the number of MGEs per strain revealed that CC96 has more MGEs than CC121. Subsequently, some of the most frequent resistance genes were selected to assess their mobility by generalized and lateral transduction. The results, although still preliminary, suggest that these genes could be mobilizable and would emphasize the importance of continuing to monitor this type of genetic transmission between bacteria.

**Keywords:** *S. aureus*, bacteriophage, plasmids, epidemiology, rabbit.

## Introducción

*Staphylococcus aureus* es un patógeno comensal y oportunista que coloniza la piel y las mucosas humanas y animales (Haag et al., 2019). El éxito de *S. aureus* como patógeno se debe a su excepcional plasticidad genética, que le permite adquirir nuevos mecanismos de resistencia y virulencia (Chambers y DeLeo, 2009). En el caso de la especie cunícola, se ha demostrado que una mutación en un solo nucleótido fue suficiente para que el ST121 saltara de la especie humana al conejo (Viana et al., 2015). El análisis comparativo de los genomas accesorios de las cepas mostró que las procedentes de humanos contenían elementos genéticos móviles (EGM) específicos de la especie humana que estaban ausentes en las cepas de conejo. Dicho linaje constituye uno de los principales clones extendidos en cunicultura, seguido del ST96 (Vancraeynest et al., 2006). Sin embargo, en los últimos años, se ha reportado un aumento en el número y la gravedad de casos de estafilococias en granjas cunícolas, estando involucradas cepas con resistencias a diferentes antibióticos (Moreno-Grúa et al., 2018; Pérez-Fuentes et al., 2017). El análisis molecular de las cepas implicadas hace pensar que se está produciendo un cambio en la tendencia de las cepas aisladas que podrían ser totalmente nuevas o surgir de la evolución de las cepas ya existentes en granja y que podrían estar desarrollando nuevos mecanismos de virulencia y resistencia. Los elementos genéticos móviles podrían jugar un papel en este

proceso, ya que potencialmente pueden contribuir a la aparición de cepas de mayor virulencia o con una mayor adaptación a su hospedador. Por tanto, el objetivo del presente trabajo es identificar y caracterizar los elementos genéticos móviles que podrían estar impulsando la evolución de los diferentes clones en las granjas cunícolas y evaluar su potencial de movilización.

## Material y métodos

Secuenciación y caracterización genética básica de los aislados: secuenciación de 90 aislados clínicos de conejos de granja en n equipo Hiseq XTen (Illumina) (2 x 150 bp paired end). El ensamblaje de las secuencias se realizó mediante Unicycler (Wick *et al.*, 2017), la anotación mediante Prokka (Torsten, 2014) y el tipado mediante multilocus sequence typing (MLST) (Torsten, 2016).

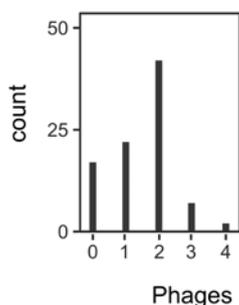
Identificación de los elementos genéticos móviles (EGMs): la búsqueda se centró en los EGMs de mayor relevancia: plásmidos, bacteriófagos y SaPIs. La detección de plásmidos en las secuencias se llevó a cabo utilizando PLSDB (Schmartz *et al.*, 2022), que alberga todas las secuencias plasmídicas registradas en la base de datos de NCBI. Esto posibilita la comparación de genomas completos con dichas secuencias empleando el algoritmo Mash screen (p-valor de 0,1). La detección de integrasas se empleó para la identificación de bacteriófagos y SaPIs en el genoma, haciendo uso de la herramienta BLAST para explorar similitudes entre las secuencias previamente descritas de las integrasas y los genomas completos de las cepas.

Detección de genes de virulencia y resistencia: mediante la herramienta ABRicate usando la base de datos VFDB y ResFinder (Torsten, 2016).

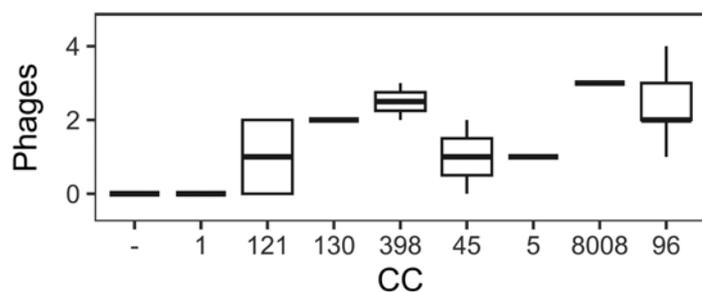
Movilización de genes de interés: a través de un bacteriófago hacia una cepa modelo (RN4220), utilizando tanto transducción generalizada (TG) como transducción lateral (TL) inducida mediante el uso de mitomicina C.

## Resultados y discusión

Tradicionalmente se ha considerado que las cepas de *S. aureus* provenientes de conejos carecen de EGMs (Viana *et al.*, 2015). En lo que respecta a las islas de patogenicidad de *S. aureus* (SaPIs), tan solo estuvieron presentes en dos cepas. No obstante, ninguna de estas cepas estaba vinculada a alguno de los dos complejos clonales predominantes, CC121 y CC96, que constituyen aproximadamente el 80% de los aislamientos obtenidos de lesiones en granjas (Pérez-Fuentes *et al.*, 2017). En consecuencia, las SaPIs no parecen tener un papel importante en la patogénesis de las infecciones en conejos. Por otra parte, el 81,1% de las cepas contenían fagos, siendo más común que tuvieran dos por genoma (**Figura 1**). A diferencia del CC121, todas las cepas del CC96 tenían bacteriófagos, y en promedio, cada cepa del CC96 albergaba un número mayor de estos en comparación con las del CC121 (**Figura 2**).

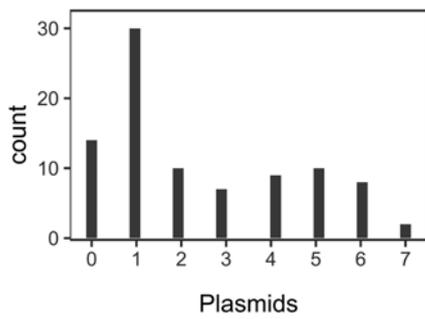


**Figura 1.** N° de bacteriófagos por cepa

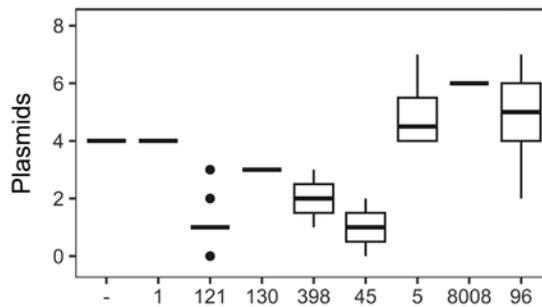


**Figura 2.** N° de bacteriófagos por complejo clonal

El 84,4% de las cepas presentaron plásmidos, siendo más común que tuvieran uno por cepa (**Figura 3**). El resultado de la comparación del CC121 y CC96 es similar al de los bacteriófagos, ya que todas las cepas del CC96 presentaban plásmidos, y de media cada cepa del CC96 albergaba un mayor número de plásmidos en su genoma que las cepas CC121 (**Figura 4**).

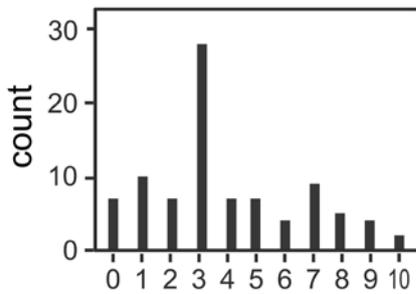


**Figura 3.** Figura 3: N° de plásmidos por cepa

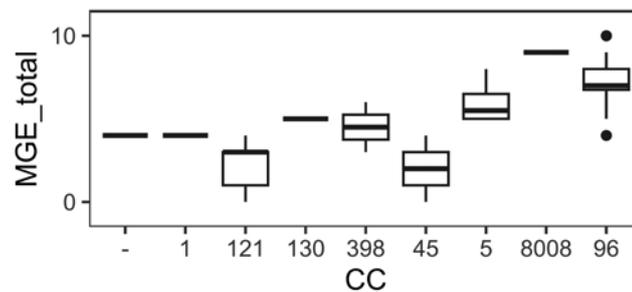


**Figura 4.** N° de plásmidos por complejo clonal

Si se considera el número de EGMs por cepa como el sumatorio del número de SaPIs, bacteriófagos y plásmidos, lo más frecuente es que las cepas posean 3 EGMs (**Figura 5**). El CC8008 destaca como aquel que alberga la mayor cantidad de EGMs, aunque representa solo un aislado único en la colección de muestras (**Figura 6**). En relación con los dos complejos clonales principales se evidencia que el CC96 posee considerablemente más EGMs que el CC121.

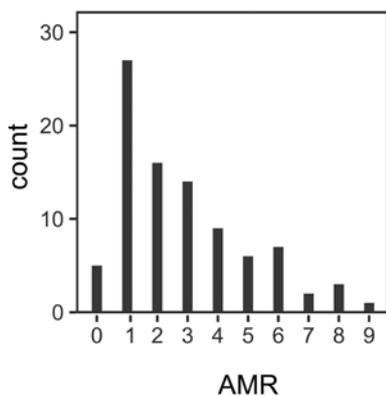


**Figura 5.** N° de MGEs por cepa

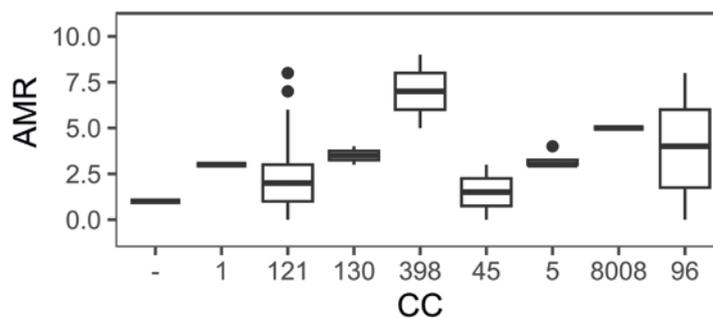


**Figura 6.** N° de MGEs por complejo clonal

Con el fin de saber aquellos genes que podrían ser de interés, se estudiaron los genes de resistencia en la colección de cepas. Las cepas poseían entre 0 y 9 genes de resistencia, siendo 1 el número más frecuente (**Figura 7**). En este caso sí que se observaron diferencias entre los complejos clonales, siendo el CC398 el que más genes de resistencia albergaba (**Figura 8**). Respecto a los dos complejos clonales principales, una vez más el CC96 destacaba en número sobre el CC121.

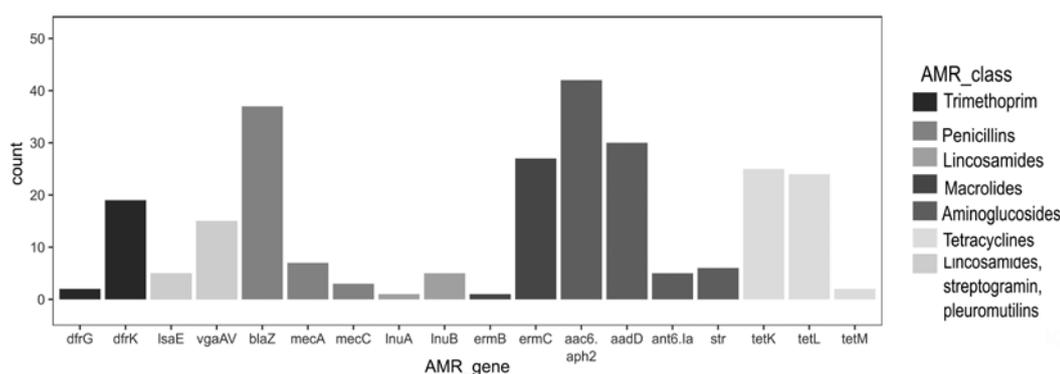


**Figura 5.** N° de MGEs por cepa



**Figura 6.** N° de MGEs por complejo clonal

Se decidió estudiar más en profundidad la naturaleza de estas resistencias y se identificaron que los principales grupos de antibióticos frente a los cuales las cepas eran resistentes eran: aminoglucósidos, macrólidos, tetraciclinas y trimetoprim (**Figura 9**).



**Figura 8.** N° de MGEs por complejo clonal

Para evaluar el potencial de movilización de los genes de resistencia, primero se eligieron aquellos más frecuentes entre las cepas, incluyendo los aminoglucósidos, penicilinas, tetraciclinas y trimetoprim. Se optó por la movilización a través de un bacteriófago hacia una cepa modelo (RN4220), utilizando tanto transducción generalizada (TG) como transducción lateral (TL). Aunque la transducción generalizada es el método tradicional, la transducción lateral, recientemente descubierta, destaca por su eficiencia superior (Humphrey et al., 2021). La selección de cepas para este experimento se restringió a aquellas que contenían bacteriófagos. Esto se debe a que, para la movilización del gen de una cepa, se utilizó su propio bacteriófago. Posteriormente, se localizaron los genes en el genoma de cada cepa, y se evaluaron las posibilidades de movilización correspondientes, como se detalla en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Resultados de la movilización de genes de resistencia.

Gen	Clase de antibiótico	Localización	Movilización	Transferencia a RN4220
aac(6')-aph(2'')	Aminoglucósidos	Plásmido	TG	Sí
aadD	Aminoglucósidos	Plásmido	TG	Sí
ant(6)-la	Aminoglucósidos	Plásmido	TG	Sí
blaZ	Penicilinas	Plásmido/Cromosoma	TG	No
dfrG	Trimetoprim	Cromosoma	TG	Sí
dfrK	Trimetoprim	Plásmido	TG	Sí
tet(K)	Tetraciclinas	Plásmido	TG	Sí
tet(L)	Tetraciclinas	Plásmido	TG	Sí
tet(M)	Tetraciclinas	Cromosoma	TL	Sí

Aquellos genes que se encontraban adyacentes a un bacteriófago eran susceptibles de ser movilizados por transducción lateral. Los restantes, de ser movilizables, lo harían por transducción generalizada. Para todos los antibióticos, a excepción de las penicilinas, se obtuvieron colonias candidatas en la RN4220, es decir, colonias que potencialmente albergaban los genes que se habían movilizado. Los resultados aún son preliminares, puesto que se requieren hacer comprobaciones posteriores, pero esto implicaría que estos genes son potencialmente movilizables. Esto recalcaría la importancia de continuar monitorizando las cepas y sus métodos de intercambio genético.

## Agradecimientos

Este proyecto está financiado por la Universidad CEU Cardenal Herrera (INDI22/11) y el Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2020-117897RB-I00). Los contratos predoctorales de Carmen Martínez Seijas, Patricia Mascarós Núñez y José Francisco Díaz Méndez están financiados por la Universidad CEU Cardenal Herrera. Asimismo, nos gustaría expresar gratitud a los ganaderos, veterinarios y a Exopol S.L que están colaborando en el envío de muestras.

**Bibliografía**

---

- Chambers HF, DeLeo FR. 2009. Waves of resistance: *Staphylococcus aureus* in the antibiotic era. *Nature Reviews. Microbiology*, 7(9), 629–641. <https://doi.org/10.1038/NRMICRO2200>
- Haag AF, Fitzgerald JR, Penades JR. 2019. *Staphylococcus aureus* in Animals. *Microbiology Spectrum*, 7(3), GPP3-2019. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.GPP3-0060-2019>
- Humphrey S, Fillol-Salom A, Quiles-Puchalt N, Ibarra-Chávez R, Haag AF, Chen J, Penadés JR. 2021. Bacterial chromosomal mobility via lateral transduction exceeds that of classical mobile genetic elements. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/S41467-021-26004-5>
- Lowder BV, Guinane CM, Zakour NLB, Weinert LA, Conway-Morris A, Cartwright RA, Simpson A J, Rambaut A, Nübel U, Fitzgerald JR. 2009. Recent human-to-poultry host jump, adaptation, and pandemic spread of *Staphylococcus aureus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(46), 19545–19550. <https://doi.org/10.1073/PNAS.0909285106>
- Moreno-Grúa E, Pérez-Fuentes S, Muñoz-Silvestre A, Viana D, Fernández-Ros AB, Sanz-Tejero C, Corpa JM, Selva L. 2018. Characterization of Livestock-Associated Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Isolates Obtained From Commercial Rabbitries Located in the Iberian Peninsula. *Frontiers in Microbiology*, 9(AUG). <https://doi.org/10.3389/FMICB.2018.01812>
- Pérez-Fuentes S, Muñoz-Silvestre A, Moreno-Grúa E, Viana D, Selva L, Corpa J. 2017. Estado actual de las cepas de *Staphylococcus aureus* en granjas cunícolas. *XLII Symposium de Cunicultura ASESCU*.
- Torsten S. (2016). *ABRicate: mass screening of contigs for antibiotic resistance genes*. <https://Github.Com/Tseemann/Abriicate>.
- Vanraeynest D, Haesebrouck F, Deplano A, Denis O, Godard C, Wildemaue C, Hermans K. 2006. International Dissemination of a High Virulence Rabbit *Staphylococcus aureus* Clone. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*, 53(9), 418–422. <https://doi.org/10.1111/J.1439-0450.2006.00977.X>
- Viana D, Comos M, McAdam PR, Ward MJ, Selva L, Guinane CM, González-Muñoz BM, Tristan A, Foster SJ, Ross Fitzgerald J, Penadés JR. 2015. A single natural nucleotide mutation alters bacterial pathogen host-tropism. *Nature Genetics*, 47(4), 361. <https://doi.org/10.1038/NG.3219>

# PRODUCTOS

---

**Receptividad de estudiantes universitarios al consumo de carne de conejo. Resultados preliminares**

Tibério ML, Monteiro D, Pereira EL, Pinheiro V

**Efecto de la edad y método de cocción sobre el rendimiento comestible de la carne de conejo**

Pinheiro V, Monteiro D, Teixeira J, Pereira EL, Santos-Silva T, Gonçalves C

# Recetividade de estudantes universitários para o consumo da carne de coelho. Resultados preliminares

*Receptividad de estudiantes universitarios al consumo de carne de conejo. Resultados preliminares*

*Receptivity of university students to the consumption of rabbit meat. Preliminary results.*

**Tibério ML<sup>1,2</sup>, Monteiro D<sup>1,3,4</sup>, Pereira EL<sup>5,6</sup>, Pinheiro V<sup>1,3,4\*</sup>**

<sup>1</sup>Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>2</sup>Centro de Estudos Transdisciplinares para o Desenvolvimento (CETRAD), 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>3</sup>Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV), 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>4</sup>AI4animals, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>5</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança (IPB), Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

<sup>6</sup>Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), IPB, Bragança, Portugal.

\*vpinheir@utad.pt

## Resumo

Estudou-se a recetividade de estudantes da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para o consumo de carne de coelho, através da realização de inquéritos online, sendo considerados válidos 252. A maioria dos respondentes é do género feminino (62,7%) e apenas 7% de estudantes referem contacto habitual com animais de interesse pecuário. O consumo de carne de coelho pelos estudantes universitários (79,2%) é realizado essencialmente em casa (87%) e com animais de origem familiar (48,5%). Entre as opções de motivação para o consumo, 45,5% referem apreciar a carne e o fator de sustentabilidade é pouco valorizado (6%). Os motivos para o não consumo está relacionado com a associação do coelho a animal de companhia (52%) e por questões organoléticas (64%). Para a alteração do hábito de consumo nestes jovens, a questão preço não foi valorizada por nenhum dos respondentes e apenas 8% admitiu que o faria se fosse uma produção em modo biológico ou com uma apresentação diferente. O consumo da carne de coelho entre os jovens universitários da amostra assenta em princípios frágeis, pois a maioria só consome em ambiente familiar e de produção tradicional. Os jovens que não consomem não apresentam grande disponibilidade para o fazer.

**Palavras-chave:** Consumo, carne, coelho, estudantes universitários.

## Resumen

Se estudió la receptividad de los estudiantes de la Universidad de Trás-os-Montes y del Alto Duero al consumo de carne de conejo, por encuestas online, considerándose válidas 252 respuestas. La mayoría de los encuestados eran mujeres (62,7 %) y sólo el 7% de los estudiantes tiene contacto habitual con animales de interés ganadero. El consumo de carne de conejo, por parte de los universitarios (79,2%), se realiza principalmente en el hogar (87%) y con animales criados en granja familiar (48,5%). Entre las opciones motivacionales de consumo, el 45,5% dice disfrutar de la carne y han valorado poco el factor sostenibilidad (6%). Los motivos para no consumirla están relacionados con la asociación del conejo con mascota (52%) y por motivos organolépticos (64%). Para cambiar los hábitos de consumo de estos jóvenes (no consumidores), el tema del precio no fue valorado por ninguno de los encuestados y sólo un 8% admitió que lo haría si fuera de producción ecológica o con una presentación diferente. El consumo de carne de conejo entre los jóvenes universitarios de la muestra se basa en principios frágiles, ya que la mayoría sólo la consume en el ámbito familiar. Los jóvenes que no consumen no están muy dispuestos a hacerlo.

**Palabras clave:** Consumo, carne, conejos, estudiantes universitarios.

## Abstract

---

We studied the receptiveness of students at the University of Trás-os-Montes and Alto Douro to the consumption of rabbit meat through online surveys, 252 of which were considered valid. Most respondents were female (62.7%) and only 7% of students reported habitual contact with livestock. The consumption of rabbit meat by university students (79.2%) is mainly done at home (87%) and with animals of family origin (48.5%). Among the options for motivating consumption, 45.5% say they enjoy the meat and the sustainability factor is not highly valued (6%). The reasons for not eating rabbits are related to their association with pets (52%) and organoleptic issues (64%). To change the consumption habits of these young students, none of the respondents valued the price issue and only 8% admitted that they would do so if it were produced organically or with a different presentation. The consumption of rabbit meat among the young university students in the sample is based on fragile principles, as the majority only consume it in a family environment and in traditional production. The young students who don't consume it don't have desire to do so.

**Keywords:** Consumption, meat, rabbit, university students.

## Introdução

---

O consumo global de carne aumentou 113% nos últimos 30 anos (FAO, 2023), mas desde 2019 o consumo estabilizou nas 328 MT. Todavia, a pressão sobre os produtos de origem animal e a sua associação com práticas pouco sustentáveis ou insegurança alimentar tem aumentado (Parlasca e Qaim, 2022), embora muitas vezes sem fundamentação científica, o que leva os consumidores a adotar comportamentos alimentares alternativos (vegetariano, vegan e outros). Apesar das suas qualidades nutricionais (Ouhayou, 1984, Delle zotte, 2002, Gondret *et al.*, 2005) e de ser considerada uma carne saudável (Petruscu e Petruscu-Mag, 2018), o consumo de carne de coelho tem diminuído, situando-se em Portugal próximo de 1 kg per capita (Gonçalves, 2021). O baixo consumo deste tipo de carne pode estar associado ao êxodo rural, ao facto de o consumidor associar o coelho a um animal de companhia e tratar-se de um produto normalmente consumido no mercado tradicional pela população mais idosa. Assim, interessa delinear estratégias para fomentar o consumo de carne de coelho, com enfoque nos jovens. Na bibliografia existem alguns trabalhos sobre este tema, mas realizados já há algum tempo (González Redondo, 2006; González Redondo *et al.*, 2007) ou em realidades diferentes da zona mediterrânea (Gunnarsson e Thulin, 2023). Neste contexto, foi objetivo deste trabalho avaliar os hábitos e motivações de consumo num grupo de jovens universitários em Trás-os-Montes.

## Materiais e métodos

---

### **Amostragem e inquérito**

O inquérito foi elaborado no programa "google forms" e enviado para a lista geral de alunos da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), para um universo de cerca de 6000 estudantes. Trata-se de uma amostragem aleatória de resposta voluntária.

O inquérito era constituído por 3 partes (**Tabela 1**): na primeira, para além de questões que permitem caracterizar o inquirido, foi indagada a opção pelo consumo de carne de coelho; mediante a resposta (sim ou não), o inquirido era direcionado para componentes alternativas do questionário. Aos inquiridos que afirmaram consumir carne de coelho foram colocadas questões sobre os seus hábitos de consumo. Aos não consumidores foram colocadas questões para averiguar as razões do não consumo e conhecer em que situações estariam disponíveis para consumir.

**Tabela 1.** Partes do questionário realizado.

Parte	Destinatários	Questões
1	Todos	Género, Curso; População do local de residência; Contacto habitual com animais Consome carne; Que tipo de carne consome
2	Consumidores de carne de coelho	Local de consumo; Frequência de consumo e Motivação de consumo Origem da carne consumida
3	Não consumidores de carne de coelho	Razões do não consumo Disponibilidade para consumir

**Análise dos dados**

Os inquéritos foram compilados e validados. Como o inquérito ainda está a decorrer, serão apresentados os resultados preliminares, sem ter em atenção as variáveis independentes (género, área de formação, dimensão do lugar de residência e contacto habitual com animais). Os dados foram agrupados e determinada a sua frequência, aplicada uma análise estatística descritiva com recurso ao programa JMP, versão 9.0 (SAS, 2018).

**Resultados e Discussão**

Dos inquéritos recebidos foram considerados válidos e tratados 252 (cerca de 4% dos estudantes da UTAD). Na **tabela 2** é apresentada a caracterização da amostra. A maioria dos respondentes pertence ao sexo feminino (62,7%) e habita em zonas urbanas de média dimensão (38%). Relativamente à experiência com animais, apenas 7,1% referem ter contacto com animais de produção e 38,9% com animais de companhia. De realçar que 14,3% dos jovens inquiridos responderam que nunca tiveram contacto com animais. Num estudo realizado por Gunnarsson e Thulin (2023) em jovens suecos, a percentagem de indivíduos que não tem experiência com animais ou apenas com animais de companhia foi semelhante.

**Tabela 2.** Caracterização dos inquiridos.

		N	%
Género	Masculino	158	36,5
	Feminino	92	62,7
Experiência com animais	Companhia	98	38,9
	Produção	18	7,1
	Companhia e produção	100	39,7
	Sem experiência	36	14,3
Dimensão do local de residência (habitantes)	<1000	48	19,0
	1000 a 20000	96	38,1
	20 000 a 100 000	80	31,7
	> 100 000	28	11,1

Para o consumo de carne, 98,4% dos estudantes universitários responderem que consomem regularmente carne e 79,2% afirmam ter consumido carne de coelho. A percentagem de alunos que respondeu ter consumido carne de coelho é semelhante à referida por González Redondo (2006), mas superior em cerca de 12 pontos percentuais à apresentada por González Redondo *et al.* (2007), numa população de estudantes universitários da cidade de Sevilha.

**Tabela 3.** Principais respostas dos consumidores de carne de coelho.

	%
Local de consumo	
Casa	86,9
Restaurante	11,1
Cantina	18,2
Origem da carne	
Comercial	36,4
Familiar	48,5
Motivação	
Satisfação	45,5
Saúde	24,2
Tradição familiar	31,3
Sustentabilidade	6,1

**Tabela 4.** Principais respostas dos não consumidores de carne de coelho.

	%
Razões para não consumir	
Não gosta	52,3
Cara	64,1
Outra	4,0
Disponibilidade para consumir (máxima valorização)(máxima valorização)	12,2
Preço	
Pré-preparado	0
Torçada	4,0
Produção biológica	8,0
Sustentabilidade	8,0

Algumas respostas destes consumidores encontram-se apresentadas na **Tabela 3**. O consumo de carne é realizado essencialmente em casa (87%), sendo a sua origem familiar (48,5%). Apenas 11% dos inquiridos afirmam ter consumido em restaurantes. Na motivação para o consumo, a maioria aprecia a carne de coelho (45,5%), mas este valor é bastante inferior aos 80% observado por González Redondo *et al.* (2007). O fator de sustentabilidade valorizado pelos jovens portugueses (6%) para a opção de consumo é bastante inferior ao observado no caso dos jovens suecos (Gunnarsson e Thulin, 2023).

Os motivos do não consumo de carne de coelho pelos jovens inquiridos (**Tabela 4**) está relacionado com a associação do coelho a animal de companhia (52%) e, ainda, pelo facto de não apreciarem este tipo de carne (64%). Estes valores são bastantes superiores aos apresentados por González Redondo (2006). De referir que o intervalo que separa estes estudos é de quase 2 décadas e durante este período as motivações emocionais têm vindo a ganhar preponderância enquanto fatores explicativos do consumo de carne em geral e de coelho em particular.

A disponibilidade para a alteração do comportamento dos jovens não consumidores mostrou-se muito baixa. A questão preço não foi valorizada por nenhum dos respondentes e apenas 8% admitiu que o faria se fosse uma produção em modo biológico ou se a forma de apresentação da carne fosse alterada.

O consumo de carne de coelho entre os jovens universitários da amostra assenta em princípios frágeis, pois a maioria só consome em família e se a carne for de origem tradicional. Os jovens que não consomem não apresentam grande disponibilidade para o fazer. Será necessário encetar campanhas de promoção dirigidas e que realcem o interesse do consumo desta carne.

## Agradecimentos

Este trabalho foi suportada pelos projetos financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), nomeadamente UIDB/00772/2020 (DOI:10.54499/UIDB/00772/2020, UIDB/00690/2020 (DOI:10.54499/UIDB/00690/2020) e UIDP/00690/2020 (DOI: 10.54499/UIDP/00690/2020); e SusTEC, LA/P/0007/2020 (DOI: 10.54499/LA/P/0007/2020).

## Bibliografia

Dalle Zotte A., 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, 75:11-32  
 FAO Food Balance Sheets. 2023. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>).

- Gonçalves R. 2021. ASPOC quer duplicar consumo de carne de coelho. *Jornal Hipersuper* n° 394, 5 pg.
- Gondret F, Lazur, C, Combes S., Rochambeau, HD. 2005. Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rates in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 83(7): 1526-1535
- González Redondo P. 2006. Motivaciones de la ausencia de consumo de carne de conejo en una población de estudiantes universitarios. En: XXXI Symposium de cunicultura da ADESCU. Lorca, Espanha, pp. 157-164.
- González Redondo P, Payá López R, Delgado Núñez A. 2007. Comparación de los hábitos de consumo de carne de conejo entre consumidores jóvenes y compradores tradicionales de Sevilla. IV. En Jornadas ibéricas de razas autóctonas y sus productos tradicionales: innovación, seguridad y cultura alimentaria. Sevilha, Espanha, pp. 2758-281
- Gunnarsson S, Thulin C-G. 2023. Extensive husbandry and animal welfare are important for acceptance of rabbit meat production among swedish youth. *World Rabbit Science* 31: 263-276
- Ouhayoun J. 1984. Croissance et qualities bouchères du lapin. *Cuniculture*, 11: 181-188
- Parlasca M, Qaim M. 2022. Meat Consumption and Sustainability. *Annual Review of Resource Economics* 14:17-41.
- Petrescu D.C., Petrescu-Mag R.M. 2018. Consumer behavior related to rabbit meat as functional food. *World Rabbit Science* 26: 321-333
- SAS Institute. 2018. JMP® 14. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

# Efeito da idade e método de cocção sobre o rendimento edível de carne de coelho

*Efecto de la edad y método de cocción sobre el rendimiento comestible de la carne de conejo*

*Effect of age and cooking method on edible yield of rabbit meat*

**Pinheiro V<sup>1,2,3\*</sup>, Monteiro D<sup>1,2,3</sup>, Teixeira J<sup>1</sup>, Pereira EL<sup>4,5</sup>, Santos-Silva T<sup>6,7</sup>, Gonçalves C<sup>6,7,8</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Zootecnia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>2</sup>Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV), 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>3</sup>Al4animals, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>4</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

<sup>5</sup>Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

<sup>6</sup>Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB-UTAD), 7 Laboratório para a Investigação Integrativa e Translacional em Saúde Populacional (ITR). 8EPIUnit-Instituto de Saúde Pública, Universidade do Porto.

\*vpinheir@utad.pt

## Resumo

As características da carne variam com a idade de abate dos animais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da idade de abate, nas perdas por cozedura e no rendimento edível de carne de coelho submetida a três métodos de confeção (cozida, assada ou frita). As carcaças de 18 coelhos machos (63, 70 e 77 dias de idade) foram divididas em seis peças e sujeitas aos 3 métodos referidos. Após a confeção, as amostras foram arrefecidas à temperatura ambiente por 30 minutos e pesadas para cálculo das perdas por cozedura. O rendimento edível foi obtido e calculado após arrefecimento da carne. Observou-se um aumento significativo do peso das peças confeccionadas com a idade. A carne dos coelhos mais velhos teve menores perdas por confeção e menores rendimentos edíveis. Nas perdas por confeção os valores variaram entre 25,5% na peça cozida de coelhos com 77 dias de idade e os 36,9% na carne frita de coelhos com 63 dias. Apesar do método de confeção não afetar o rendimento edível, as peças de carne de coelho cozidas sofreram menos perdas ( $P < 0,05$ ; 27,5%) em relação às assadas ou fritas (31,0 e 33,9%, respetivamente). As perdas por confeção e o rendimento edível foram superiores na carne de coelhos mais jovens. As perdas por confeção são menores quando a carne é cozida, mas o método não afeta o rendimento edível.

**Palavras-chave:** Coelhos, método confeção, perdas cozedura, rendimento edível.

## Resumen

Las características de la carne varían dependiendo de la edad de sacrificio de los animales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad al sacrificio sobre las pérdidas por cocción y el rendimiento comestible de la carne de conejo sometida a tres métodos de preparación (cocida, asada o frita). Las carcasas de 18 conejos machos (63, 70 y 77 días de edad) se dividieron en seis piezas y se sometieron a los 3 métodos antes mencionados. Después de la preparación, las muestras se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 minutos y se pesaron para calcular las pérdidas por cocción. El rendimiento comestible se calculó después de enfriar la carne pesando solo la pieza sin hueso. Se observó un aumento significativo del peso de las piezas con la edad. La carne de conejos más viejos tuvo menores pérdidas por cocción y menor rendimiento comestible. En las pérdidas por cocción, los valores variaron entre el 25,5% en la pieza cocida de conejo de 77 días y el 36,9% en la carne frita de conejo de 63 días. Aunque el método de cocción no afecta el rendimiento comestible, los trozos de carne de conejo cocidos sufrieron menores pérdidas ( $P < 0,05$ ; 27,5%) en comparación con las asadas o fritas (31,0 y 33,9 %, respectivamente). Las pérdidas por cocción y el rendimiento comestible fueron mayores en la carne de conejos más jóvenes. Las pérdidas por cocción son menores cuando la carne es cocida, pero el método no afecto al rendimiento comestible.

**Palabras clave:** Conejos, edad, pérdidas por cocción, rendimiento comestible.

## Abstract

---

The characteristics of the meat vary depending on age of the slaughtered. The objective of this work was to evaluate the effect of age at slaughter on cooking losses and edible yield of rabbit meat subjected to three cooking methods (boiled, roasted or fried). The carcasses of 18 male rabbits (63, 70 and 77 days old) were divided into six pieces and subjected to the 3 aforementioned methods. After preparation, the samples were cooled to room temperature for 30 minutes and weighed to calculate cooking losses. The edible yield was obtained and calculated after cooling the piece removing the bone. A significant increase in the weight of the pieces made with age was observed. Meat from older rabbits had lower cooking losses and lower edible yields. In cooking losses, the values varied between 25.5% in the cooked piece of rabbits aged 77 days and 36.9% in fried meat from rabbits aged 63 days. Although the cooking method does not affect the edible yield, boiled rabbit meat pieces suffered less losses ( $P < 0.05$ : 27.5%) compared to roasted or fried ones (31.0 and 33.9 %, respectively). Cooking losses and edible yield were higher in meat from younger rabbits. Cooking losses are lower when the meat is boiled, but the method does not affect the edible yield.

**Keywords:** Rabbits, age, confection method, edible yield.

## Introdução

---

Ao longo da vida do animal, a composição corporal varia devido a diferentes coeficientes de alometria (Deltoro e Lopez, 1985) que se podem aplicar a diferentes regiões corporais, tecidos, órgãos ou outros. Esse desenvolvimento diferenciado vai afetar as características corporais e a composição da carne de coelho (Ouhayon, 1989; Hernandez *et al.*, 2004). Geralmente, com o aumento da idade e do peso dos animais o teor de proteínas e gorduras aumenta e o teor de água diminui (Hernandez *et al.*, 2004). Alguns fatores como o sexo, a idade e tipo de alimentação do animal têm impacto na qualidade da carne de coelho e na sua composição nutricional final (Papadomichelakis *et al.*, 2017).

O cozimento da carne de coelho é um processo essencial para aumentar a segurança alimentar e permitir o seu consumo, proporcionando sabor e maciez característicos e agradáveis ao consumidor (Rao *et al.*, 2022). Por outro lado, o cozimento altera o teor e a estrutura de algumas vitaminas, minerais e proteínas da carne, alterando a estrutura dos tecidos (Rasinka *et al.*, 2019). Estas alterações de cozedura variam muito de acordo com o método de confeção da carne onde a temperatura, a humidade e o tempo podem influenciar (Combes *et al.*, 2004).

## Materiais e métodos

---

### **Animais e delineamento experimental**

Os animais foram criados na Unidade Experimental de Cunicultura da Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, em Vila Real, Portugal, em ambiente controlado e respeitando toda a legislação de bem-estar em vigor (Port. N° 1005-1092). Foram utilizados coelhos da raça Nova Zelândia Branca x Californiana. Durante o trabalho foi disponibilizado alimento comercial balanceado sem substâncias medicamentosas e com a seguinte composição química: 89,3% de matéria orgânica, 16% de proteína bruta, 3,2% de gordura bruta, 40,3% de NDF e 22,0% de ADF. A água de bebida esteve sempre disponível num bebedouro de chupeta.

### **Preparação das amostras**

Os coelhos de diferentes idades, 18 machos (variação de Peso vivo de 1892 a 4445g), foram abatidos por deslocamento cervical súbito, sem jejum, método aceite pela legislação portuguesa sobre bem-estar animal em investigação experimental. Em seguida, as carcaças foram preparadas e foi obtida a carcaça de referência refrigerada, sendo então partida em diferentes peças, em duplicado (perna, coxa, costela, barriga, lombo e pá) com base na metodologia proposta por Blasco y Ouhayoun (1996).

### **Confeção das peças**

Os métodos de confeção individual das amostras realizados foram: *i*) cozer (em água fervente a 90 °C), *ii*) assar (forno convetor a 180 °C) e *iii*) fritar (em óleo vegetal a 180 °C). Após a confeção as amostras foram arrefecidas à temperatura ambiente por 30 minutos e pesadas para cálculo das perdas por confeção (PC-relação entre a perda de peso pela confeção em relação ao peso das amostras cruas). Seguidamente, foram removidos ossos e peles para obtenção da parte edível e calculado o rendimento edível (RE - relação entre o peso edível e o peso da peça crua respetiva).

### Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com o programa JMP, versão 14 (SAS, 2018). Os dados foram sujeitos a uma análise de variância (ANOVA) com a idade dentro de cada método de confecção como fator testado. Foi também considerado o método de confecção sem considerar a idade. A significância estatística foi aceite para  $P < 0,05$ .

## Resultados e Discussão

Os resultados do efeito da idade e método de confecção sobre as perdas por cozedura e rendimento edível são apresentados na **Tabela 1**.

Como era de esperar, com o aumento da idade ao abate o peso médio das peças confeccionadas também aumenta, como resultado de um maior peso vivo e maior peso da carcaça.

As perdas por confecção em todos os métodos de cozedura diminuem com a idade, devido à redução do teor de água nos tecidos com a idade, o que justifica a variação das perdas observadas. À exceção do método "assar", em que as diferenças não são significativas, também o rendimento edível diminui com a idade de abate dos coelhos. Mesmo os coelhos abatidos com mais idade, ainda não estão na puberdade e sendo o osso um tecido de crescimento precoce (Blasco *et al.*, 2018), possivelmente teve maior desenvolvimento do que o músculo e a gordura durante as idades consideradas neste trabalho.

Quando analisamos a influência do método de cozedura (**Tabela 1**) observamos um efeito sobre as perdas por confecção. O método "cozer" é àquele que apresenta menos perdas (cerca de 27%), sendo inferior a 4 e 6 pontos percentuais aos apresentados pelos métodos "assar" e "fritar", respetivamente. Quando as peças são assadas ou fritas, as perdas por desidratação são superiores, o que se reflete nos resultados obtidos. Resultados similares foram obtidos por Abdel-Naeem *et al.* (2021) em carne de coelho submetida a diferentes métodos de cozimento.

**Tabela 1.** Efeitos da idade de abate e do método de preparação sobre as perdas por confecção e rendimento edível.

Método de confecção	Idade do abate (dias)	Peso médio da peça pré-cofecção (g)	Perdas por confecção (%)	Rendimento edível (%)
Assar	63	66,29 b	33,98 b	75,67
	70	90,30 ab	32,35 ab	71,84
	77	104,10 a	26,16 a	71,09
	Média	85,61	31,02 x	68,89
Cozer	63	72,04 b	31,35 b	77,63 a
	70	93,15 ab	25,58 a	69,62 b
	77	104,65 a	25,49 a	60,92 b
	Média	88,83	27,49 y	69,91
Fritar	63	72,79 a	36,87 b	77,43 a
	70	98,85 ab	34,16 ab	71,66 a
	77	103,70 a	30,57 a	63,66 b
	Média	90,59	33,89 x	66,11
P valor	Assar	0,009	0,028	ns
	Cozer	0,048	0,002	<0,001
	Fritar	0,0430	0,047	0,0003
	Método	ns	0,0001	ns

a, b - diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para a idade de abate em cada método de confecção; x,y - diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para o método de confecção no conjunto das idades. ns: não significativo

Em conclusão, em idades mais jovens a carne de coelho sofre maiores perdas por confecção e tem maior rendimento edível. O método de confecção não afeta o rendimento edível, mas as perdas são menores quando a carne é cozida.

## Agradecimentos

---

Este trabalho foi suportada pelos projetos financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), nomeadamente UIDB/00772/2020 (DOI:10.54499/UIDB/00772/2020, UIDB/00690/2020 (DOI:10.54499/UIDB/00690/2020) e UIDP/00690/2020 (DOI: 10.54499/UIDP/00690/2020); e SusTEC, LA/P/0007/2020 (DOI: 10.54499/LA/P/0007/2020).

## Bibliografia

---

- Abdel-Naeem HHS, Sallam KI, Zaki HMBA. 2021. Effect of different cooking methods of rabbit meat on topographical changes, physicochemical characteristics, fatty acids profile, microbial quality and sensory attributes. *Meat Science* 181:108612
- Blasco A, Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World rabbit science* 4(2): 93-99.
- Blasco A, Nagy I, Hernández P. 2018. Genetics of growth, carcass and meat quality in rabbits. *Meat Science* 145: 178-185.
- Combes S, Lepetit J, Darce B, Lebas F. 2004. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Science* 66(1): 91-96
- Deltoro J, Lopez AM. 1985. Allometric changes during growth in rabbits. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 105: 339-346
- Hernández P, Aliaga S, Pla M, Blasco A. 2004. The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits. *Journal Animal Science* 82(11); 3138-3143.
- Ouhayon J, 1989. La composition corporelle du lapin. Facteur de variation. *INRA Prod. Animal* 2 (3) : 215-226
- Papadomichelakis G, Zoidis E, Pappas AC, Hadjigeorgiou I. 2017. Seasonal variations in the fatty acid composition of Greek wild rabbit meat. *Meat Science* 134: 158-162.
- Rao J-W, Meng F-B, Li Y-C, Chen W-J, Liu D-Y, Zhang J-M. 2022. Effect of cooking methods on the edible, nutritive qualities and volatile flavor compounds of rabbit meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 102(10): 4218-4228.
- Rasinska E, Rutkowska J, Czarniecka-Skubina E, Tambor K. 2019. Effects of cooking methods on changes in fatty acids contents, lipid oxidation and volatile compounds of rabbit meat. *LWT* 110: 64-70.
- SAS Institute. 2018. JMP® 14. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.

**NOTAS**

[Empty rectangular box for notes]

## NOTAS

**NOTAS**

[Empty rectangular box for notes]

**NOTAS**

[Empty rectangular box for notes]







UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



Junta de Andalucía  
Consejería de Agricultura,  
Pesca, Agua y Desarrollo Rural



Asociación  
Española de  
Cunicultura



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA

