



45 Symposium de Cunicultura Asescu

Virtual 6 y 7 de Octubre 2021

Libro de Actas

ORGANIZAN



PATROCINADORES PRINCIPALES



CO-PATROCINADORES



COLABORADORES





coren

Alimentos de Galicia

Alimentación Animal Certificada

**Trabajamos por una
alimentación de calidad,
segura y sostenible**



www.coren.es

 **coren** AGROINDUSTRIAL, S.A.U.

Libro de actas

45 Symposium de Cunicultura de ASESCU 2021

Congreso virtual, 6 y 7 de octubre de 2021

Coordinadores de edición:

Juan José Pascual Amorós
Ceferino Torres Lozano
Pedro González Redondo
Anna Oliveres Tortosa

Organizan:



Patrocinadores principales:



Co-patrocinadores:



INTERCUN



Organización
Interprofesional
Cunicola



Colaboradores:



***El 45 Symposium de Cunicultura de Asescu 2021
se celebró de manera virtual los días 6 y 7 de octubre de 2021***

El Symposium fue organizado por:

Asociación Española de Cunicultura (ASESCU)
Grupo Editorial Agrícola – Henar Comunicación Agroalimentaria

Contó con el patrocinio principal de:

Coren
Hipra

Contó con el patrocinio de las siguientes empresas:

Andrés Pinaluba
Cogal
Elanco
Hermi
Intercun
MSD
NANTA

Contó con la colaboración de las siguientes empresas:

Ebronatura
Gómez y Crespo
Granja Jordán
Nutega

Comité organizador:

Juan José Pascual Amorós
Ceferino Torres Lozano
Pedro González Redondo
Anna Oliveres Tortosa
Sandra Fernández Sepúlveda
Estefanía Reina Robles

Comité científico:

Juan José Pascual Amorós
Ceferino Torres Lozano
Pedro González Redondo

Los coordinadores de este libro de actas son:

Juan José Pascual Amorós
Ceferino Torres Lozano
Pedro González Redondo
Anna Oliveres Tortosa

Edita: Asociación Española de Cunicultura (ASESCU). Año 2021.

ISBN: 978-84-09-34373-7.

Índice

Presentación	3
Programa	5
Ponencias	7
■ <i>Compostaje en la explotación. Dando valor al estiércol de conejo</i>	9
Moral R, Paredes C, Bustamante MD, Perez-Espinosa A, Agullo E, Garcia-Randez A, Andreu-Rodriguez J, Perez-Murcia MD	
■ <i>Últimos avances en inseminación artificial</i>	22
María Pilar Viudes de Castro	
■ <i>La necesaria transición de la cunicultura en Europa. El ejemplo francés</i>	27
Davi Savietto	
■ <i>Redes sociales en cunicultura. Una visión práctica</i>	39
Jesús López Colmenarejo	
■ <i>Desarrollo de productos cárnicos de conejo. Nuevos formatos de comercialización</i>	40
Raúl Grau	
Comunicaciones	47
■ <i>Comparación de los caracteres productivos de tres líneas de macho terminal seleccionadas por eficiencia alimentaria</i>	49
Pascual M, Piles M, Perucho O, Alsina P, Sánchez JP	
■ <i>Efeitos do sexo do animal e de uma restrição alimentar sobre as características da carcaça e digestivas de coelhos no final do período de engorda</i>	54
Ribeiro J, Andrade E, Monteiro D, Pinheiro V	
■ <i>Uso de muestras deshidratadas para la mejora del diagnóstico de la enfermedad hemorrágica del conejo</i>	59
Sánchez A, Valls L, Mora X, Maldonado J	
■ <i>¿Es viable la selección genómica en conejo?</i>	63
Sosa-Madrid BS, Mancin E, Blasco A, Ibáñez-Escriche N	

■ <i>Evolución del perfil de ácidos grasos en la leche de la coneja</i>	68
Hadjadj I, Botella J, García ML, Argente MJ	
■ <i>Tasa de ovulación y supervivencia prenatal en conejas de una población local argelina y de una línea sintética</i>	72
Belabbas R, García ML, AinBaziz H, Berbar A, Argente MJ	
■ <i>Utilización de técnicas de visión artificial para el seguimiento individual de gazapos alojados en grupo</i>	75
Sánchez JP, Muñoz I, González O, Pascual M, Perucho O, Alsina P, Piles M	
■ <i>Los conejos silvestres como reservorio de Staphylococcus aureus resistente a meticilina</i>	81
Martínez-Seijas C, Moreno-Grua E, Perez-Fuentes S, Viana D, Cardells J, Lizana V, Aguiló-Gisbert J, Corpa JM, Selva L	
■ <i>Influencia del estrés por manejo sobre parámetros productivos en conejos de cebo evaluado mediante termografía infrarroja</i>	86
Jaén-Téllez JA, Sánchez-Guerrero MJ, Valera M, González-Redondo P	
■ <i>Microbioma y resiliencia en conejos, ¿causa o efecto?</i>	91
Casto-Rebollo C, Argente MJ, García ML, Blasco A, Ibáñez-Escriche N	
■ <i>Estudio exploratorio de aceptación y preferencia de hamburguesas de carne de conejo y de otras carnes blancas por consumidores jóvenes</i>	96
Lacalle-Ruiz E, González-Redondo P	
■ <i>Evaluación de la calidad seminal y la longevidad de líneas maternas y paternas en un centro de inseminación cunícola</i>	101
Bielsa A, Argente MJ, García ML	
■ <i>Interpretación del ciclo estral de la coneja como base de la eficiencia reproductiva</i>	105
Meléndez C	
■ <i>Parámetros reproductivos de 3 líneas paternas con distinto potencial de crecimiento y resiliencia</i>	110
Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Blas E, Cambra-López M, Pascual JJ	

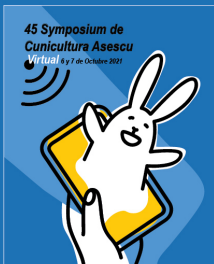
Presentación

Este año pasado tuvimos que suspender nuestra cita anual en el Symposium de Cunicultura por culpa del estado de alarma. Sin embargo, la producción cunícola continúa, así como todos sus retos, y el sector sólo puede hacer frente a estos con la ayuda del conocimiento. Aunque desde el inicio de la pandemia hemos tratado de paliar estas limitaciones a través de la celebración de cuatro WebiAsescu, ha llegado el momento de celebrar un nuevo Symposium de Cunicultura de ASESCU, en el que podamos conocer la opinión de los expertos en los temas que más nos preocupan, saber cómo han evolucionado la investigación en el último año, interactuar con los diferentes actores del sector y dar visibilidad a las empresas del sector. Esto es fundamental para el progreso y supervivencia de la cunicultura española.

Las circunstancias nos han llevado a tomar la decisión de celebrar el 45 Symposium de Cunicultura de forma virtual, sin embargo, disponemos de herramientas que nos permiten una gran interacción con los participantes de una forma dirigida y ágil.

En este 45 Symposium de Cunicultura ASESCU virtual disfrutaremos de cuatro ponencias invitadas que tratarán temas de gran interés para el sector, como son la situación de la cunicultura europea ante las nuevas demandas de eliminación de las jaulas en las explotaciones, la importancia y el reto de la digitalización del sector, los últimos avances en inseminación artificial y sobre cómo compostar nuestro estiércol en granja. Por otra parte, participaremos en dos mesas redondas sobre dos temas que preocupan al sector. La primera se centrará en la próxima aparición de una nueva normativa de prescripción veterinaria que afecta a muchos de nuestros técnicos y profesionales, en la que las autoridades nos explicarán dichos cambios y el sector transmitirá sus particularidades y necesidades. La segunda versará sobre las dificultades de la comercialización de la carne de conejo y la necesidad de desarrollar nuevos productos transformados con la carne de conejo para tratar de llegar a nichos de mercado, con la participación de especialistas en la transformación de productos cárnicos y la interprofesional del sector. Por otra parte, se expondrán y debatirán un total de 14 comunicaciones científicas en el ámbito de la nutrición, genética, reproducción, bienestar, patología y productos cárnicos de nuestros principales grupos de investigación

*Juan José Pascual Amorós
Presidente de ASESCU*



PROGRAMA

45 Symposium de Cunicultura



Congreso Virtual
6 y 7 de octubre de 2021

MIÉRCOLES, 6 DE OCTUBRE

- MODERA:** D. Juan José Pascual Amorós.
Presidente de ASESCU
- 17:00-17:15 h Inauguración del Symposium.**
D. Luiz Machado. *Secretario de la AB-WRSA, rama americana de la WRSA*
D. Juan José Pascual Amorós.
Presidente de ASESCU
- 17:15-17:45 h Ponencia: "Compostaje en la explotación. Dando valor al estiércol de conejo"**
D. Raúl Moral. *Universidad Miguel Hernández*
- 17:45-18:15 h Comunicaciones libres. Sesión de Eficiencia alimentaria y Patología.**
- 18:15-18:45 h Ponencia: "Avances en inseminación artificial"**
D^a Pilar Viudes. *CITA-IVA*
- 18:45-19:00 h Ponencia: "Building Immunity for a Healthier World"**
D^a Sandra Gascón. *Corporate Product Manager Rabbits, HIPRA*
- 19:00-19:45 h Comunicaciones libres. Sesión de Reproducción y Genética (I).**
- 19:45-20:15 h Mesa redonda: "Novedades en la prescripción veterinaria"**
D^a María Hernández Nieves.
Jefa de servicio de Sanidad Animal en el Área de Higiene Animal. Subdirección General de Sanidad e Higiene Animal y Trazabilidad. MAPA
D. Mario Malo. *Vicepresidente de AVECU*

JUEVES, 7 DE OCTUBRE

- MODERA:** D. Pedro González Redondo.
Secretario de ASESCU
- 17:00-17:30 h Ponencia: "La necesaria transición de la cunicultura europea. El ejemplo francés"**
D. Davi Savietto. *UMR genPhySE Systèmes d'Élevage Durables. INRAE*
- 17:30-18:15 h Comunicaciones libres. Sesión de Bienestar, Patología y Productos.**
- 18:15-18:45 h Ponencia: "Redes sociales en cunicultura. Una visión práctica"**
D. Jesús López Colmenarejo.
Director Grupo Editorial Agrícola Henar Comunicación Agroalimentaria
- 18:45-19:30 h Comunicaciones libres. Sesión de Reproducción y Genética (II).**
- 19:30-20:00 h Mesa redonda: "Transformación cárnica y nuevos productos"**
D. Raúl Grau.
Dpto. Tecnología de los Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia
D^a María Luz de Santos Martín.
Directora Gerente de Intercun
- 20:00-20:15 h Clausura del Symposium.**
D^a Mariam Pascual.
Programa de Genética y Mejora Animal del IRTA
D. Juan José Pascual Amorós.
Presidente de ASESCU

ORGANIZAN



PATROCINADORES PRINCIPALES

CO-PATROCINADORES



COLABORADORES





COMUNICACIONES LIBRES

45 Symposium de Cunicultura



Congreso Virtual
6 y 7 de octubre de 2021

MIÉRCOLES, 6 DE OCTUBRE

17:45-18:15 h Sesión de Eficiencia alimentaria y Patología

Comparación de los caracteres productivos de tres líneas de macho terminal seleccionadas por eficiencia alimentaria
Pascual M, Piles M, Perucho O, Alsina P, Sánchez JP

Efeitos do sexo do animal e de uma restrição alimentar sobre as características da carcaça e digestivas de coelhos no final do período de engorda
Ribeiro J, Andrade E, Monteiro D, Pinheiro V

Uso de muestras deshidratadas para la mejora del diagnóstico de la enfermedad hemorrágica del conejo
Sánchez A, Valls L, Mora X, Maldonado J

19:00-19:45 h Sesión de Reproducción y Genética (I)

¿Es viable la selección genómica en conejo?
Sosa Madrid BS, Mancin E, Blasco A, Ibáñez-Escriche N

Evolución del perfil de ácidos grasos en la leche de la coneja
Hadjadj I, Botella J, García ML, Argente MJ

Tasa de ovulación y supervivencia prenatal en conejas de una población local argelina y de una línea sintética
Belabbas F, García ML, AinBaziz H, Berbar A, Argente MJ

Utilización de técnicas de visión artificial para el seguimiento individual de gazapos alojados en grupo
Sánchez JP, Muñoz I, González O, Pascual M, Perucho O, Alsina P, Piles M

JUEVES, 7 DE OCTUBRE

17:30-18:15 h Sesión de Bienestar, Patología y Productos

Los conejos silvestres como reservorio de *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina
Martínez-Sejías C, Moreno-Grua E, Pérez-Fuentes S, Viana D, Cardells J, Lizana V, Aguiló-Gisbert J, Corpa JM, Selva L

Influencia del estrés por manejo sobre parámetros productivos en conejos de cebo evaluado mediante termografía infrarroja
Jaén-Téllez JA, Sánchez-Guerrero MJ, Valera M, González-Redondo P

Microbioma y resiliencia en conejos, ¿causa o efecto?
Casto-Rebollo C, Argente MJ, García ML, Blasco A, Ibáñez-Escriche N

Estudio exploratorio de aceptación y preferencia de hamburguesas de carne de conejo y de otras carnes blancas por consumidores jóvenes
Lacalle-Ruiz E, González-Redondo P

18:45-19:30 h Sesión de Reproducción y Genética (II)

Evaluación de la calidad seminal y la longevidad de líneas maternas y paternas en un centro de inseminación cunicola
Bielsa A, Argente MJ, García ML

Interpretación del ciclo estral de la coneja como base de la eficiencia reproductiva
Meléndez C

Parámetros reproductivos de 3 líneas paternales con distinto potencial de crecimiento y resiliencia
Gonçalves C, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Blas E, Cambra-López M, Pascual JJ

ORGANIZAN



PATROCINADORES PRINCIPALES



CO-PATROCINADORES



COLABORADORES



Ponencias

Compostaje en la explotación. Dando valor al estiércol de conejo

In farm composting. Enhancing the value of rabbit manure

Moral R*, Paredes C, Bustamante MD, Perez-Espinosa A, Agullo E, Garcia-Randez A, Andreu-Rodriguez J, Perez-Murcia MD

*Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO). Universidad Miguel Hernández, Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Ctra de Beniel km 3,2, 03312 Orihuela (Alicante).
[*raul.moral@umh.es](mailto:raul.moral@umh.es)*

Resumen: La gestión avanzada de las explotaciones cunícolas debe incluir el concepto de economía circular. Aunque el uso directo de los estiércoles de conejo en agricultura es usual, debido a sus contenidos en fertilizantes y materia orgánica, el compostaje en granja de este material puede generar una alternativa de manejo a valorar. Los procesos de compostaje en granja suponen un tratamiento de bajo coste, realizable con la propia maquinaria y con elevado valor añadido en tanto en cuanto permiten reducir el volumen y humedad del material, aumentar significativamente la concentración de nutrientes en la enmienda, mejorar su almacenamiento en condiciones adecuadas y especialmente obtener una higienización vía el proceso exotérmico que se genera con repercusiones positivas en la reducción de la potencial presencia de agentes contaminantes vinculados a la sanidad animal. En este trabajo se realiza un ejercicio comparado de capacidad fertilizante de los estiércoles de conejo frente a otras fuentes, se propone un protocolo de agrocompostaje binario-terciario optimizado usando como ingrediente principal el estiércol de conejo junto a otros materiales orgánicos residuales de proximidad, para finalmente desarrollar dos casos prácticos de ejemplo.

Palabras clave: Estiércol, conejo, valorización, nutrientes, materia orgánica.

Abstract: Advanced management of rabbit farms must include the concept of circular economy. Although the direct use of rabbit manure in agriculture is common, due to its contents in fertilizers and organic matter, the composting on the farm of this flux can generate an alternative management to value. The composting processes on the farm involve a low-cost treatment, achievable with the machinery itself and with high added value insofar as they allow to reduce the volume and humidity of the material, significantly increase the concentration of nutrients in the amendment, improve its storage in adequate conditions and especially obtain an adequate sanitization. Composting ensures sanitization via an intense exothermic process that can also have positive effects in reducing the potential presence of other pollutants linked to animal health. In this work, a comparative exercise of fertilizing capacity of rabbit manure is carried out compared to other sources, an optimized binary-tertiary agrocomposting protocol is proposed using rabbit manure as the main ingredient together with other residual organic materials of proximity, to finally develop two practical cases of example.

Keywords: Manure, rabbit valorization, nutrients, organic matter.

El estiércol de conejo: producción y composición

La materia orgánica siempre ha sido fuente de fertilidad para la agricultura aunque en el contexto actual del pacto verde europeo se está convirtiendo en una herramienta clave a nivel agrario y medioambiental. La materia orgánica exógena (EOM) se define como una amplia variedad de residuos orgánicos generados en la agricultura (ej. Estiércoles), en las industrias o las ciudades (ej. Lodos de depuradora). En España esas fuentes de materia orgánica exógena son muchas y variadas. Pardo et al. (2017) estiman que a nivel estatal se producen anualmente unos 20547 Gg C de residuos orgánicos, de los cuales el 27,7% es de origen ganadero.

Si nos centramos en la EOM directamente ligada a la actividad agraria y agroalimentaria, Perez-Murcia et al. (2020) en un estudio sistemático en la Comunidad Valenciana obtienen un perfil analítico promedio en función del origen vegetal, agroalimentario o ganadero para más de 250 muestras distintas (Tabla 1). Los contenidos de NPK son en todos los casos superiores en el material de origen ganadero, poniendo de manifiesto su mayor capacidad fertilizante. Como podemos observar, el contenido fertilizante NPK para los residuos ganaderos es muy variable (amplios rangos de variabilidad) pero podemos concluir unos contenidos promedio en nitrógeno (N) del 2%, fósforo (como P₂O₅) en torno al 1,5% y potasio (como K₂O) en torno al 3%, expresado sobre materia seca. Si consideramos la potencial utilización de estas EOM en compostaje, podemos observar en general que no presentan propiedades limitantes a nivel de pH (6-8), humedad (>70-80%), densidad aparente (0,2-0,7 t/m³). La relación COT/NT está en el rango adecuado salvo para los residuos vegetales agrícolas. Se pone de manifiesto el elevado contenido en sales en todos los materiales, así como niveles de polifenoles hidrosolubles que pueden limitar el proceso.

Tabla 1. Características clave de los residuos compostables en la C. Valenciana (s.m.s.).

Tipo de material	Vegetal agrícola (n=151)	Agroalimentario (n=90)	Ganadero (n=114)
Humedad (%)	39,7 (1,0-94,6)	50,9 (7,9-93,8)	39,4 (11,2-71,8)
Densidad aparente (t/m ³)	0,249 (0,015-0,88)	0,523 (0,05-1,25)	0,37 (0,12-0,83)
pH	6,6 (4,3-9,3)	6,5 (5,0-8,4)	7,7 (6,1-9,4)
CE (dS/m)	4,01 (1,0-36)	4,34 (1,16-12,3)	5,85 (2,1-16,7)
MOT (%)	81,7 (40,5-97,1)	82,7 (48,6-96,7)	70,3 (28,9-89,9)
COT (%)	42,2 (25,1-66,1)	45,4 (29,1-61,5)	36,5 (18,5-46,9)
Relación COT/NT	37,5 (10,5-115)	33,0 (9,0-110)	24,0 (7,8-122)
NT (%)	1,55 (0,5-3,7)	1,90 (0,56-4,78)	2,12 (0,79-4,29)
P (g/kg)	2,88 (0,25-16,9)	3,87 (0,19-21,9)	6,1 (1,1-25,8)
K (g/kg)	18 (3,9-57)	21 (5,1-49)	26,3 (6,4-81)
Na (g/kg)	6,9 (0,21-111)	4,21 (0,4-13,8)	7,8 (0,3-19,3)
Polifenoles hidros. (mg/kg)	8541 (572-66826)	5951 (1116-12455)	4710 (768-16644)

CE: conductividad eléctrica; MOT: Materia orgánica total; COT: Carbono orgánico total; NT: nitrógeno total.

Si nos centramos en los estiércoles cunícolas, la dimensión de esta cabaña se sitúa en torno a los 41 millones de animales sacrificados con un peso en canal de 52.143 toneladas (MAPA, 2019). Considerando una producción de estiércol de 4,5 kg por animal sacrificado sobre materia fresca (Estellés et al., 2014), podemos estimar una producción anual de más de 185.000 toneladas estiércol s.m.f. en España, De forma específica, y aunque el manejo específico condiciona la composición de los estiércoles, podemos situar al estiércol de conejo dentro de un rango medio-bajo a nivel de composición NPK en referencia a otros estiércoles (Tabla 2). Con estos datos podemos estimar que anualmente los estiércoles de conejo incluyen nutrientes primarios (en unidades fertilizantes NPK) de 2400 ton de N, 2300 ton P₂O₅ y 2400 ton de K₂O (considerando una humedad promedio del estiércol del 25%).

Tabla 2. Análisis comparativo de estiércoles ganaderos (modificado de Moral et al., 2005).

Estiércol	N (gkg ⁻¹)		P (gkg ⁻¹)		K (gkg ⁻¹)		Na (gkg ⁻¹)		CE (dS/m)		Fe (mgkg ⁻¹)		Cu (mgkg ⁻¹)	
	A.V.*	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango
Conejo	17,9	16,8-18,9	9,2	7,4-10,3	18,2	6,0-29,4	5,07	4,02-6,09	5,09	4,11-6,65	2623	1664-3553	61	50-77
Caballo	20,7	18,8-22,6	7,6	6,1-9,3	41,4	15,8-7,0	7,58	5,77-9,39	8,55	3,50-13,6	729	284-1173	22	20-29
Vaca	18,6	9,3-24,3	3,1	1,2-4,1	17,6	14,7-0,6	5,38	4,08-7,65	3,94	1,76-6,06	3527	2541-8054	20	9-30
Temero	17,5	12,3-21,6	9,6	7,3-12,4	35,1	24,3-0,4	24,6	15,8-29,3	9,89	6,81-12,7	2839	1322-3745	40	30-50
Cerdo	21,7	17,7-26,6	14,4	10,1-17,2	8,9	6,3-12,3	2,34	1,67-3,36	2,90	2,21-4,22	1559	1484-1597	170	138-226
Oveja	18,7	14,7-25,6	5,7	4,2-7,9	34,3	16,7-7,5	6,94	5,64-8,59	7,09	3,70-11,8	3786	1813-6822	21	20-23
Cabra	22,2	20,1-23,7	8,1	6,4-9,0	59,2	35,6-9,4	16,9	10,4-29,4	14,7	9,33-19,8	1729	502-2472	31	26-36
Pollo	31,4	24,5-41,9	13,2	9,4-14,7	24,7	22,9-7,9	4,85	3,63-6,16	5,92	4,87-6,81	154	67-253	40	32-48
Pavo	39,7	30,6-45,2	10,9	6,4-15,2	24,5	19,3-0,1	3,97	2,88-5,12	5,28	3,77-6,18	172	83-262	45	38-53

Estiércol	Mn (mgkg ⁻¹)		Zn (mgkg ⁻¹)		Cd (mgkg ⁻¹)		Ni (mgkg ⁻¹)		Pb (mgkg ⁻¹)		Cr (mgkg ⁻¹)		Hg (mgkg ⁻¹)	
	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango
Conejo	225	203-253	453	282-411	0,6	<0,5-0,9	2,6	<0,5-8,0	3,4	3,2-3,6	12,5	8,9-20,2	0,3	0,1-0,6
Caballo	110	108-111	167	129-205	<0,5	<0,5	1,2	0,8-1,7	4,2	<0,5-8,4	3,3	2,0-4,7	0,7	0,2-1,1
Vaca	111	91-142	79	61-114	0,7	<0,5-1,6	6,9	<0,5-20,6	6,4	3,3-8,4	19,8	4,6-50	2,3	0,2-5,1
Temero	225	190-265	233	174-293	1,5	0,8-2,0	<0,5	<0,5	4,6	1,1-8,6	23,1	17,1-29,2	0,9	0,5-1,3
Cerdo	328	201-435	427	307-563	0,8	<0,5-1,2	5,7	0,9-8,7	12,8	5,6-26,7	11,6	6,9-14,2	2,3	0,1-4,6
Oveja	137	99-176	159	162-205	<0,5	<0,5	0,8	0,6-0,9	6,5	4,5-7,7	6,7	4,8-10,6	0,6	0,4-0,7
Cabra	170	142-191	202	161-247	<0,5	<0,5	1,7	<0,5-3,9	6,6	3,9-11,5	11,0	4,3-27,8	5,7	0,4-15,5
Pollo	237	211-291	304	279-356	<0,5	<0,5	5,8	3,9-8,7	1,3	<0,5-2,6	4,2	2,4-5,9	3,1	0,5-6,5
Pavo	327	287-368	336	290-378	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	3,9	1,8-5,7	4,6	2,6-6,5	0,1	0,1-0,2

*A.V.: valor promedio; CE: Conductividad eléctrica.

Tabla 3. Diferentes fracciones y parámetros de estabilidad de la materia orgánica en estiércoles de conejo (sobre materia seca).

MOrg (%)	C _{tot} (%)		C _{col/Nt}		C _w (%)		C _{hs} (%)		C _{ha} (%)		C _{ha} /C _{ta}		
	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	A.V.	Rango	
65,0	58,8-68,5	36,5	34,7-39,3	20,4	19,8-20,7	1,24	0,98-1,59	1,54	1,32-1,80	0,43	0,20-0,74	0,29	0,11-0,48

MOrg: Materia orgánica; C_{tot}: C orgánico total; N: N total; C_w: C hidrosoluble; C_{ha}: C ac. húmicos; C_{hs}: C ácidos húmicos. *A.V.: valor promedio (n = 4).

Entre los estiércoles ganaderos, los de conejo tienen una salinidad media (en torno a 5 dS/m) destacando sus altos niveles altos de Fe y Zn. Moral et al. (2021) reportan una densidad aparente entre 0,65 y 0,85 kg/L, un pH alcalino (7,5-8,5 dS/m) y un contenido de polifenoles hidrosolubles entre 3800 y 5000 mg/kg, siendo este extremo potencialmente limitante para el compostaje en los primeros estadios del proceso (Bustamante et al., 2008).

Estudiando de forma específica la fracción orgánica del estiércol (Tabla 3) podemos observar que el contenido en materia orgánica es elevado (65% sms) solo superada por los estiércoles de caballo y cerdo según Moral et al. (2005). El contenido en carbono orgánico total es del 36,5%; la relación Cot/Nt se sitúa en un rango medio, en torno a 20, por lo que potencialmente podría plantearse procesos de compostaje monoingrediente, si el resto de los parámetros es idóneo. Sin embargo, el carbono hidrosoluble (Cw) es bajo por lo que potencialmente puede ser deficitario de C el proceso de compostaje. Bernal et al. (2009) indican valores de Cw <10 g/kg como parámetro de calidad en compost maduros, por lo que podemos inferir que, aunque la cantidad Ctotal en el estiércol es adecuada para un compostaje monoingrediente, las formas de C lábiles (que son las activas a nivel de degradación microbiológica) son bajas, induciendo pérdidas potencialmente elevadas de N. En este sentido, Raviv et al. (2004), en ensayos con diferentes estructurantes de estiércoles ganaderos, recomienda procesos de compostaje con Cot/Nt mayores de 25 para minimizar pérdidas de N gaseoso y por tanto pérdida de capacidad fertilizante en el futuro compost. En el análisis de las sustancias orgánicas de alto valor añadido (sustancias húmicas y fúlvicas), en este estiércol se sitúan de forma aditiva en torno al 2% s.m.s. En comparación con otros estiércoles ganaderos destaca unos bajos valores de ácidos húmicos y elevados de ácidos fúlvicos, siendo indicativo de una elevada capacidad de formación de complejos órgano-metálicos, por lo que los microelementos ya presentes, potencialmente se encontrarán de forma quelatada, siendo más biodisponibles que en otros estiércoles con mayor ratio Cha/Cfa.

Valorización de estiércol de conejo mediante agrocompostaje: aspectos técnicos

Los residuos orgánicos asociados a la actividad agrícola, ganadera y agroalimentaria deben manejarse y valorizarse en el propio medio agrario de acuerdo con los principios de sostenibilidad y economía circular especialmente en un entorno de emergencia climática. En este contexto, el Agrocompostaje entendido como la transformación orientada, aeróbica y controlada de flujos residuales orgánicos agrarios en su entorno productivo está creciendo de forma muy intensa, dinamizado por los propios actores a diferentes escalas. El proyecto Agrocompostaje (www.agrocompostaje.edu.umh.es) es una iniciativa de la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica de la Generalitat Valenciana y la Universidad Miguel Hernández de Elche implementado desde 2017 que incluye acciones de formación, acompañamiento y demostración en todo el territorio valenciano. Hasta la fecha, se están desarrollando más de 91 pilotos distintos, incluyendo 150 procesos de agrocompostaje distintos y territorializados a partir de más de 350 flujos residuales analizados y cuantificados.

Dentro de los sistemas de compostaje existen diferentes alternativas siendo el más aconsejable el sistema de compostaje de pila estática con aireación forzada y control de la temperatura, también conocido como sistema Rutgers. Este sistema facilita un mejor control del proceso, produciendo una descomposición más extensa de los residuos y una mayor evaporación, consiguiéndose así un producto final con una menor humedad, lo cual facilita su manejo, y con una materia orgánica más estabilizada (Finstein et al., 1985). Sin embargo, en condiciones normales de operación en el medio rural, lo usual es el sistema de compostaje de pilas al aire libre y con volteos periódicos al solo necesitar de un tractor con pala cargadora y una superficie estanca donde desarrollar las operaciones. En granjas de producción ganadera y específicamente de producción cunícola esos medios necesarios para el compostaje son fácilmente accesibles, siendo solo necesario la formación de los actores y el seguimiento técnico para optimizar los procesos y el aseguramiento de la calidad e higienización.

En este sentido queremos indicar la existencia de calculadoras de compostaje que permiten ayudar a la configuración de pilas de compostaje óptimas sin la necesidad de analizar

específicamente cada uno de los ingredientes incluyendo algunas de ellas con una serie de recomendaciones básicas sobre el proceso. La calculadora ®Compost Calculator by UMH, es una app para dispositivos móviles gratuita y disponible en entorno IOS y Android. Permite desarrollar simulacros de compostaje mediante la selección de hasta 3 ingredientes residuales, con ayudas dinámicas para la resolución de los principales factores limitantes del proceso, elaboración de la pila en función de proporciones másicas o volumétricas y estimación de la composición inicial y final de la pila de compostaje. Ha sido testada por diferentes actores y ha sido instalada en 1900 dispositivos (30 marzo 2021).

Para el compostaje de estiércol de conejo existen múltiples aproximaciones en función de la composición del estiércol (Tablas 2 y 3) y de los potenciales co-ingredientes que tengamos en proximidad para configurar una mezcla inicial (normalmente de 2 o 3 ingredientes) que verifique unas condiciones iniciales óptimas que se sumarizan en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones óptimas para el inicio de procesos de compostaje.

Parámetro	Propiedad de la mezcla*
Relación C/N	Entre 20 y 30
Humedad	40-70%
Densidad aparente	Entre 0,2 y 0,7 kg/L (equivalente a 200-700 kg/m ³)
pH	Entre 6 y 8 unidades de pH
Conductividad eléctrica	Entre 0,1 y 4 dS/m
Polifenoles hidrosolubles	Menor de 4000 mg/kg m.s.

**Rango de valores que no resultan limitantes para el proceso; fuera de estos rangos pueden existir problemas en la evolución del proceso a nivel biológico, incluyendo inhibición de la actividad microbiana.*

El estiércol de conejo presenta una relación C/N subóptima-óptima (17-20), considerando el rango bajo del intervalo por lo que cualquier otro ingrediente para el co-compostaje binario debería tener una relación C/N superior, como por ejemplo la mayoría de podas de cultivos leñosos, incluyendo sarmientos, olivos, almendros y cítricos. Si incluimos algún ingrediente con C/N inferior al estiércol deberíamos configurar una pila ternaria incluyendo de nuevo algún agente estructurante carbonoso que compense esta inclusión. Paredes et al. (2015) propusieron un compostaje binario conejo-cabra con una C/N inicial en torno a 15, con significativas pérdidas de N durante el proceso.

La humedad del estiércol de conejo se sitúa en torno al 50% no siendo necesaria la corrección de este parámetro. Estellés et al. (2014) refieren un valor promedio de 55,7% para estiércol de conejo en un estudio realizado durante dos ciclos de producción.

El estiércol de conejo tiene una elevada densidad aparente (DA) (0,75 kg/L) por lo que podría ser un aspecto limitante, haciendo que la circulación de fluidos (agua y aire) no fuera óptima, generando anaerobicidad y baja porosidad de la mezcla a compostar. De nuevo, el uso de materiales con DA menores como los materiales carbonosos (restos de paja, podas y triturados vegetales) podrían corregirlo.

A nivel de pH, la mayoría de los estiércoles ganaderos tienen una naturaleza alcalina debido a su riqueza en bases de cambio (Ca, Mg, Na y K) por lo que es necesario incluir algún ingrediente que entre sus propiedades incluya la reacción ácida para compensar al estiércol (ej. orujos vitivinícolas, restos de frutos de industria frutícola). En su ausencia se puede corregir el pH con el uso de un aditivo como el azufre.

La salinidad media del estiércol de conejo se sitúa por encima de 4 dS/m siendo esperable compost con elevada salinidad cuando este estiércol sea ingrediente mayoritario en la mezcla. Por último, los polifenoles hidrosolubles (aprox. 4500 mg/kg) en el estiércol son elevados, por lo que

debemos tener cuidado al utilizar como coingredientes otros materiales como alperujos, raspones u orujos vinícolas que destacan por sus elevados contenidos en este parámetro.

En función de lo anterior se recomiendan escenarios de compostaje con estiércol de conejo como ingrediente mayoritario (>50% en peso húmedo) seleccionando materiales orgánicos residuales con pH ácido o neutro, con DA baja, baja salinidad y ricos en C (relación C/N >30), con bajos niveles de polifenoles hidrosolubles. Si no es posible encontrar un único material con todas estas propiedades se pueden seleccionar 2 materiales distintos que se compensen obteniendo el objetivo propuesto anterior. Haciendo uso de la calculadora @Compost Calculator by UMH se muestran algunos compost binarios y ternarios con propiedades idóneas para su compostaje (Tabla 5). Como vemos, las posibilidades de combinación son muchas dependiendo de los ingredientes disponibles y su porcentaje de participación. En todo caso, la obtención de unas condiciones óptimas iniciales respecto a todos los parámetros a considerar es difícil.

Tabla 5. Propuesta de mezclas binarias y ternarias para co-compostaje de estiércoles de conejo.

Ing. 1	Ing. 2	Ing. 3	Ratio mezcla (s.m.f./s.v.)	C/N	pH	CE	DA
				Mezcla inicial	mezcla inicial	mezcla (dS/m)	Mezcla (kg/L)
Est conejo	Paja cereal	--	2:1/2:5	22,5	7,6	<u>6,9</u>	0,47
Est conejo	Paja cereal	Poda leñosas	3:1:1/2:2:1	24,0	<u>8,1</u>	5,0	0,49
Est conejo	Raspón	--	2:1/1:2	22,5	7,3	5,4	0,50
Est conejo	Sarmiento	--	3:1/2:3	23,0	7,6	5,2	0,52
Est conejo	Sarmiento	Raspón	3:1:1/1:1:1	26,5	7,1	4,7	0,44
Est conejo	Pinocha	--	4:1/1:1	21,5	7,6	4,8	0,54
Est conejo	Alperujo	Hoja olivo	3:3:1/2:1:2	23,5	6,9	5,3	<u>0,77</u>
Est conejo	Poda cítricos	--	3:1/1:1	22,0	7,4	4,9	0,53

s.m.f.: sobre materia fresca; s.v.: sobre volumen; CE: Conductividad eléctrica; DA: Densidad aparente.

Una vez establecida la mezcla inicial, es recomendable hacer un seguimiento del proceso a nivel de control de temperatura para acreditar una adecuada exotermia del proceso, que nos permita confirmar la correcta higienización, recomendando el control mediante sonda de temperatura a 30 cm de profundidad con periodicidad semanal MV (martes y viernes) para poder obtener una curva de temperatura (Figura 1) que nos permita contabilizar el número de días durante los que la pila ha estado en determinadas condiciones de temperatura (Tabla 6) para cumplir requerimientos normativos que establecen que todas las partes de cada lote presentarán uno de los siguientes perfiles de variación de la temperatura en función del tiempo:

Tabla 6. Requisitos de duración de periodos exotérmicos (Reglamento UE 2019/1009).

Requisitos	Condiciones de temperatura/tiempo
Opción 1:	70°C o más durante al menos 3 días
Opción 2:	65°C o más durante al menos 5 días
Opción 3:	60°C o más durante al menos 7 días
Opción 4:	55°C o más durante al menos 14 días

La duración del proceso es variable dependiendo del tamaño de la pila (recomendable una sección de 3 m ancho y 1,5-2 m alto para optimizar calentamiento y aireación natural por convección), situándose en la bibliografía en torno a los 3 meses. Se debe mantener la pila en unas condiciones de humedad adecuadas (50-70%) y se usarán al menos 3-4 volteos para airear y homogeneizar la pila, acelerando su evolución. Es útil establecer los riegos de forma simultánea a los volteos pues los riegos superficiales no suelen penetrar en la masa en compostaje. Se considera finalizado el proceso cuando después de un volteo la pila no supera de forma consistente los 40°C. En ese punto debemos dejar la pila sin manejo al menos un mes para que se produzca la fase de madurez, donde se forman sustancias húmicas adicionales gracias a la acción de hongos.

Valorización de estiércol de conejo mediante agrocompostaje: Economía circular y cambio climático

El sector agrario necesita de un mayor desarrollo e implementación de soluciones no solo de gestión de residuos, sino en aspectos más trans-sectoriales orientados al fomento de Prácticas de Manejo Adecuadas (PMA) a nivel Agrícola/Ganadero/Forestal (AGF) para favorecer al Secuestro de C en el suelo. El incremento del carbono orgánico en el suelo favorece la resiliencia de los sistemas suelo-planta, mejorando las propiedades hidrofísicas, físicas, químicas y biológicas del suelo. En este aumento de la sostenibilidad, la Agroecología y el Agrocompostaje caminan de la mano, debiendo la Administración coordinar estructuras estables físicas, normativas y procedimentales que permitan el objetivo final de aumento del C edáfico. El desarrollo y uso de compost permite la circularización de la economía, el retorno de nutrientes y materia orgánica a los sistemas productores de biomasa y la reconstrucción de la fertilidad orgánica de los suelos, resultando sistemas más viables económica y ambientalmente. Por todo ello dentro del Pacto Verde Europeo, la Política Agraria Común se están incluyendo ya de forma específica el uso de compost en el manejo agrícola como herramientas y acciones computables como buenas prácticas de la agricultura sostenible.

El compostaje forma parte de un conjunto de herramientas que permiten manejar la EOM al ganadero. Otras formas de manejo son la aplicación directa en el suelo agrícola, la digestión anaeróbica y el vermicompostaje (Tabla 7). La aplicación directa en agricultura cuenta con una serie de beneficios operativos claros, aunque no se recomienda dentro del código de buenas prácticas al tratarse de material SANDACH tipo 2. La digestión anaeróbica obtiene energía de mucha utilidad para la operación en las granjas o su venta a la red, pero necesita de una inversión fuerte y la resolución de la gestión de los digeridos generados que deben ser tratados o aplicados agrícolamente como un purín, hecho que puede ser también limitante. Compostaje y vermicompostaje son tratamientos similares en cuanto a sus características, aunque el compostaje genera una mayor pérdida de masa durante el proceso y es más eficiente a nivel de transformación-higienización por unidad de superficie pues las pilas de vermicompostaje son sólo de 40-50 cm de alto.

Tabla 7. Evaluación cualitativa de opciones principales de manejo de estiércoles de conejo.

Manejo EOM Conejo	Pros	Contras
Aplicación directa	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste económico - Cierre del ciclo, todo el material se utiliza - Aumento stock C suelo (+) 	<ul style="list-style-type: none"> - Restricciones SANDACH - No hay higienización - Necesidad de base territorial - Almacenamiento cuando no se esparce - Malos olores - Emisiones GEI
Digestión anaeróbica	<ul style="list-style-type: none"> - Valor añadido (biogás) - Higienización (+) 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto coste económico instalación - Complejidad en el manejo instalación - Necesidad de espacio adicional - Gestión-almacenamiento de los digeridos (como purines) - Balance positivo GEI
Compostaje	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones y operaciones fácilmente integrables en la granja - Cierre del ciclo, transformación de todo el material en producto - Valor añadido (compost) - Higienización (++) - Permite almacenamiento a largo plazo - Aumento stock C suelo (++) 	<ul style="list-style-type: none"> - Coste económico medio - Emisiones GEI - Duración proceso (2-3 meses)
Vermicompostaje	<ul style="list-style-type: none"> - Valor añadido (vermicompost y extractos), valorado en el mercado - Aumento stock C suelo (++) 	<ul style="list-style-type: none"> - Coste económico medio - Necesidad de mayor superficie tratamiento que compostaje - Emisiones GEI - Duración proceso (2 meses)

+ baja-media; ++ media-alta.

Los condicionantes referidos a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) son muy interesantes y complejos, puesto que, aunque todas las formas de manejo propuestas son emisoras netas de gases GEI, la DA al generar energía vía el aprovechamiento del biogás mitiga la emisión de otros gases y alcanza balance positivo. Sin embargo, si consideramos de forma conjunta todo el proceso (no solo la operación de manejo, sino su aplicación agronómica, incluyendo la entrada de nutrientes y de materia orgánica = stock de C en el suelo) el balance es positivo respecto a la mitigación del cambio climático, especialmente para compostaje. En este sentido Pardo et al. (2015) concluye en un meta-análisis respecto al manejo de EOM en el medio agrícola que el almacenamiento prolongado en condiciones de restricción de oxígeno (compactación, cubrición, almacenamiento masivo) no mostró efectos significativos en las emisiones de GEIs, si bien redujeron sustancialmente otras pérdidas en forma de N. Indica que las estrategias que minimizan las emisiones de GEI, suelen involucrar un riesgo de intercambio de contaminación o “pollution swapping” desde GEI (CH₄ y N₂O) hacia NH₃. En conclusión, se recomienda optimizar el proceso de compostaje i) mejorando la estructura de la pila de compostaje por adición/sustitución de agentes estructurantes pues reduce significativamente las emisiones de N₂O y CH₄, aunque aumenta las pérdidas por volatilización de NH₃ y ii) favoreciendo el uso de sistemas volteados pues tienen potencial para reducir las emisiones de GEIs.

Casos de estudio: a) Compostaje de estiércol de conejo con paja de trigo, b) compostaje estiércol de conejo con estiércol de cabra

En este apartado se presentan resumidos dos casos de estudio donde se usan procesos binarios donde el estiércol de conejo es mayoritario, haciendo uso de un material estructurante como la paja de trigo mientras que en el segundo propone el co-compostaje de estiércol de conejo junto a estiércol de cabra usualmente empajado. En ambos casos se utilizó el sistema Rutgers de compostaje (pila estática con ventilación forzada y control de temperatura) sobre pilas de 3 m de ancho y 1,4 m de alto. La humedad de la pila se mantuvo durante todo el proceso por encima del 40% mediante riegos con agua o con los propios lixiviados. Se realizó el seguimiento de parámetros indicadores del proceso y se analizaron las características fisicoquímicas, químicas y biológicas de la mezcla de residuos a lo largo del proceso de compostaje así como del producto final obtenido (compost).

a) Compostaje de estiércol de conejo con paja de trigo

Se preparó una mezcla con estiércol de conejo (ECO) y paja de trigo (PT), procedentes de la Granja Experimental de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández. El ECO no presenta ningún tipo de cama, las deyecciones son recogidas mediante cinta transportadora sin fin situada debajo de las jaulas. Estos residuos (Tabla 8) se mezclaron en las siguientes proporciones en peso fresco (% respecto a peso seco, entre paréntesis): Pila: 89% ECO + 11% PT (72:28).

Tabla 8. Características de estiércol de conejo (ECO) y paja de trigo (PT) (s.m.s.).

Parámetro	ECO	PT
Humedad (%)	74,2	9,85
pH	8,81	6,28
CE (dS/m)	6,57	5,59
MO (%)	72,8	91,1
C _{org} (%)	35,4	43,6
N _t (%)	2,03	1,58
C/N	17,4	27,6
P (g/kg)	10,8	0,40
Na (g/kg)	9,1	1,,9
K (g/kg)	29,4	19,1

CE: conductividad eléctrica, MO: materia orgánica, C_{org}: carbono orgánico total, N_t: nitrógeno total.

La temperatura en la mezcla fue superior a 40°C desde el inicio del proceso de compostaje, indicando esto la presencia en la masa a compostar de un gran contenido en microorganismos, así como en sustancias fácilmente degradables (Figura 1). En los 7 primeros días la temperatura de la pila ascendió hasta los 70°C, siendo esta temperatura desfavorable para la actividad microbiana, por lo que se fijó en el programa de ventilación una temperatura algo inferior como temperatura límite a partir de la cual se pone en funcionamiento el sistema de ventilación, de modo que se proporciona oxígeno a la pila, además de conseguir su enfriamiento hasta temperaturas más adecuadas para el desarrollo y actividad microbianos. Como consecuencia, durante los 20 primeros días del proceso, la temperatura osciló entre los 60-70°C, lo cual garantiza una correcta higienización de la masa durante la etapa termófila, así como la eliminación de semillas de malas hierbas y de productos fitotóxicos (Venglovsky et al., 2009). A partir del día 20 hasta el día 55 se produce un descenso constante de la temperatura de la pila, debido a la disminución de la actividad microbiana al agotarse las sustancias fácilmente degradables. Cuando la temperatura de la pila fue inferior a 40°C, se realizó un volteo para homogeneizar la masa. Con el volteo se favorece el ataque de los microorganismos a los principios activos de la pila que no han sido todavía degradados. El sustrato que estaba en el exterior de la pila pasa al interior, pudiendo ser entonces descompuesto y finalmente asimilado por los microorganismos. Con el volteo se produce un nuevo incremento de la temperatura, pero algo más suave que al inicio, ya que se alcanzan temperaturas próximas a los 55°C. A partir de los 80 días del proceso, la masa comienza a enfriarse (etapa de enfriamiento) hasta que la temperatura es próxima a la ambiental, dándose entonces por concluida la fase bio-oxidativa del proceso de compostaje. Una vez acabada la fase bio-oxidativa, se produce la etapa de maduración, durante la cual se producen los procesos de humificación realizados principalmente por hongos y actinomicetos, para obtener finalmente un compost maduro y estable.

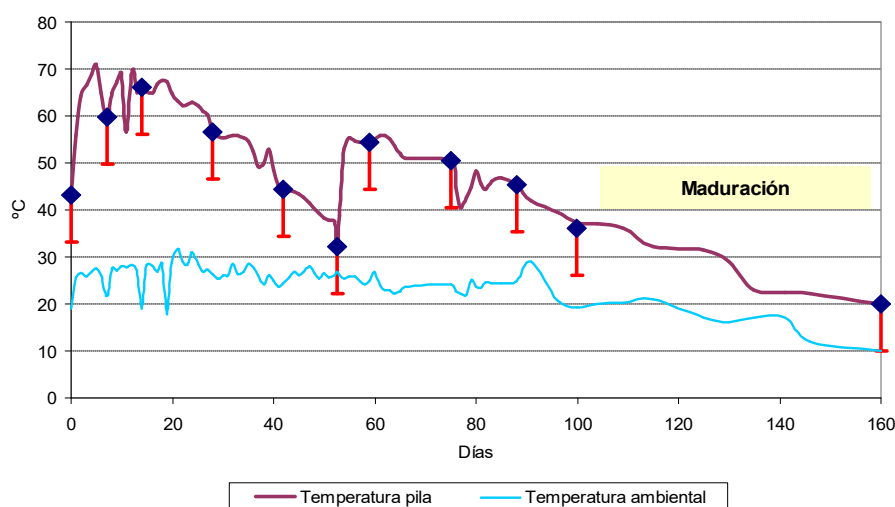


Figura 1. Perfil térmico de compostaje Estiércol de conejo y paja de trigo.

Tabla 9. Evolución de los principales parámetros durante el proceso de compostaje de estiércol de conejo y paja de trigo (s.m.s.).

Tiempo de compostaje (días)	pH	CE (dS/m)	C/N	C _{ex} (%)	C _{ah} (%)	C _{af} (%)	IG (%)
Mezcla inicial	8,4	5,8	18,0	4,8	2,0	2,8	40
Fase biooxidativa (21d)	8,9	5,2	14,6	4,2	1,9	2,3	47
Final periodo biooxidativo (90d)	9,2	7,5	12,0	3,8	2,1	1,7	60
Compost maduro	9,3	7,8	11,8	3,9	2,4	1,5	62
LSD	0,08	0,41	0,33	0,65	0,51	0,48	6,3

C_{ex}: carbono extraíble con NaOH-0,1M, C_{ah}: carbono de ácidos húmicos, C_{af}: carbono de ácidos fúlvicos, IG: índice de germinación; LSD: diferencia mínima significativa a nivel estadístico (P<95%).

El pH de la mezcla propuesta es elevado, fuera del rango ideal y aumenta al concentrarse las bases de cambio. Este efecto se observa también en el aumento paulatino de sales solubles (CE) en función del tiempo de compostaje (Tabla 9).

Las pérdidas de materia orgánica sufridas por la mezcla propuesta fueron notables, obteniéndose al final de proceso valores de pérdida superiores al 50%, lo que muestra una alta degradación de la materia orgánica en la mezcla estudiada. En este sentido, el compost obtenido mostró una materia orgánica estable y humificada, tal como verifican diferentes parámetros considerados como índices de madurez y estabilidad, como el índice de germinación o la relación Cot/Nt (Tabla 9).

La elaboración de composts utilizando estiércol de conejo y paja de trigo tiene como limitación principal la elevada salinidad de ambos materiales, así como el alto pH, que puede condicionar su posterior aplicación en el suelo. El compost obtenido presentó un alto valor agronómico debido a su notable contenido en macronutrientes, tales como nitrógeno, fósforo y potasio (datos no mostrados), los cuales mostraron unos niveles similares o superiores a los observados en otros materiales orgánicos empleados habitualmente en la agricultura (estiércoles, composts de residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora).

El compostaje de estiércoles ganaderos, como el estiércol de conejo, con residuos vegetales, como la paja de trigo, presenta una viabilidad técnica muy interesante de cara al aumento de escala del proceso al mostrar un mantenimiento estable de la fase termófila, asegurando una correcta higienización del compost obtenido.

b) Compostaje estiércol de conejo con estiércol de cabra

Se preparó una mezcla con estiércol de cabra (ECA) y estiércol de conejo (ECO), procedentes de la Granja Experimental de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela, Universidad Miguel Hernández. El ECA proviene de la mezcla de la cama de las cabras y sus deyecciones (sólidas y líquidas) y el ECO no presentan ningún tipo de cama, las deyecciones son recogidas mediante cinta transportadora sin fin situada debajo de las jaulas (Tabla 10). Estos residuos se mezclaron en las siguientes proporciones en peso fresco (% respecto a peso seco, entre paréntesis): Pila: 44 % ECA + 56 % ECO (50:50):

Tabla 10. Características del estiércol de conejo (ECO) y de cabra (ECA) (s.m.s.).

Parámetro	ECO	ECA
Humedad (%)	70,0	62,8
pH	8,46	8,89
CE (dS/m)	10,09	8,51
MO (%)	73,5	62,8
C _{org} (%)	36,40	30,55
N _t (%)	2,88	2,06
C/N	12,6	14,8
P (g/kg)	16,4	5,0
Na (g/kg)	11,8	8,2
K (g/kg)	42,6	31,9

CE: conductividad eléctrica, MO: materia orgánica, C_{org}: carbono orgánico total, N_t: nitrógeno total.

La temperatura aumentó rápidamente durante los primeros días del proceso hasta unos valores en torno a los 65°C (Figura 2). Este rápido aumento inicial de la temperatura también ha sido observado por otros autores durante el compostaje de estiércoles de animales (Solano et al., 2001; Tiquia et al., 1996; Mupondi et al., 2006; Kulcu y Yaldiz, 2007) posiblemente debido a la

naturaleza lábil del carbono de este tipo de residuos. La etapa termófila se mantuvo aproximadamente durante 90 días, a lo largo de este periodo se observaron dos caídas importantes de la temperatura (a los 21 y 75 días de compostaje). Después de cada una de estas caídas de temperatura, la pila se volteó para homogeneizar la masa de residuos a compostar. Tras cada uno de los volteos realizados la temperatura aumentó como consecuencia de la reactivación de los microorganismos que disponen de nuevos principios inmediatos para su metabolismo al homogeneizar la masa mediante el volteo, procedentes de la capa superficial y de la zona cercana a la ventilación de la pila y que prácticamente no han sido degradados a causa de la escasa humedad de los materiales en la zona periférica o por el enfriamiento de la masa al aplicar la ventilación (Stentford et al., 1985). A partir de los 90 días de compostaje, la temperatura comenzó a disminuir de forma gradual hasta acercarse a la temperatura ambiente, considerándose acabada la etapa bio-oxidativa después de 100 días del comienzo del proceso. La temperatura se mantuvo por encima de 55°C durante un periodo aproximado de 45 días, asegurando la inactivación de los patógenos presentes en los residuos iniciales (Venglovsky et al., 2009).

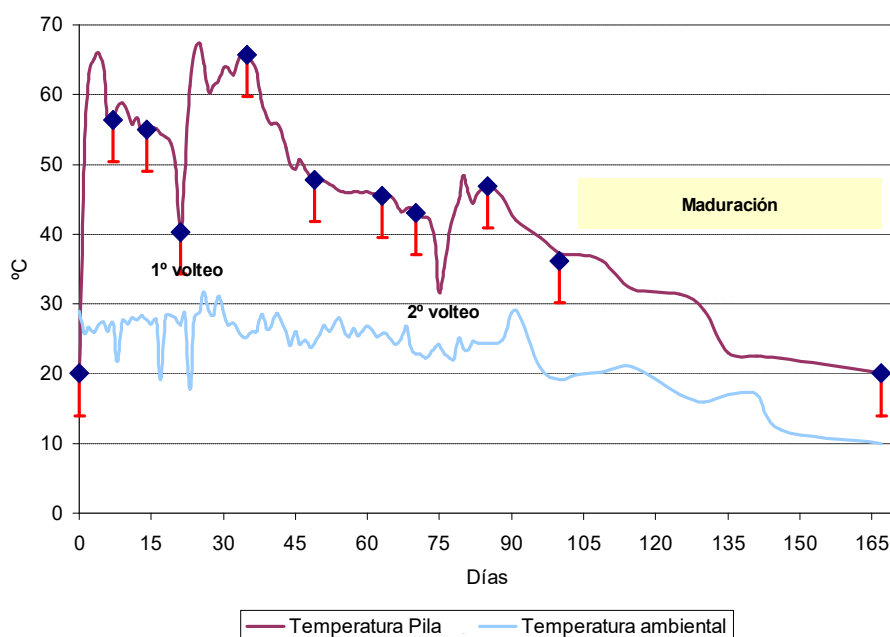


Figura 2. Perfil térmico de compostaje estiércol de conejo y estiércol de cabra.

La mezcla inicial de residuos tuvo un valor de pH alto (pH = 8,84) (Tabla 11). Este parámetro aumentó a lo largo del proceso, debido principalmente a la degradación de compuestos de carácter ácido tales como, grupos fenólicos y carboxílicos, y a la mineralización de proteínas, aminoácidos y péptidos a amoníaco. De este modo, el pH del compost obtenido fue muy alto (pH = 9,41) y no estuvo dentro del intervalo de valores óptimo para el crecimiento vegetal (5,5-8,0) (Zucconi y de Bertoldi, 1987), lo cual podría causar deficiencias de nutrientes en las plantas. La CE también aumentó durante el compostaje, posiblemente como resultado de la producción de compuestos inorgánicos, debido a la degradación de la materia orgánica, y al incremento relativo de la concentración de iones por la pérdida de peso de la pila (Paredes et al., 2002). El compost final tuvo un elevado nivel de salinidad (CE = 13,36 dS/m), lo cual limitará su empleo como enmendante del suelo o como sustrato para cultivo sin suelo (Rynk, 1992).

La relación C/N disminuyó durante el proceso de compostaje, desde un valor inicial de 14,3 a un valor final de 9,9 (Tabla 11). Esta disminución se debió a la pérdida de carbono orgánico, como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica, y al aumento de la concentración de nitrógeno debido a la pérdida de peso. Con relación al valor final de esta relación en el compost obtenido, se podría considerar que éste ha conseguido un nivel aceptable de madurez según Bernal et al. (1998) (C/N < 12).

El contenido de carbono extraíble en NaOH-0,1M disminuyó en función del tiempo de compostaje (Tabla 11). Esta evolución también fue observada por Tiquia (2002) durante el compostaje de gallinaza, lo cual podría explicarse por la degradación del carbono de naturaleza lábil que se extrae. Por otro lado, la concentración del carbono de ácidos húmicos aumentó a lo largo del proceso, desde valores situados inicialmente en 1,75 % hasta valores finales de 2,55%, observándose un descenso paralelo del carbono procedente de ácidos fúlvicos, de 3,60 a 1,10%. El incremento de ácidos húmicos puede explicarse por la progresiva formación de estos compuestos a partir de sustancias policondensadas derivadas de la lignina de los materiales iniciales (cama del estiércol de cabra) y de los compuestos metabólicos de la biomasa microbiana y/o por una progresiva degradación o reorganización de las sustancias no húmicas presentes en la fracción de ácidos fúlvicos, lo que determina que ésta última fracción disminuya a lo largo del proceso (Iglesias Jiménez y Pérez García, 1992).

Tabla 11. Evolución de los principales parámetros durante el proceso de compostaje estiércol conejo + estiércol cabra (s.m.s.).

Tiempo de compostaje (días)	pH	CE (dS/m)	C/N	C _{ex} (%)	C _{ah} (%)	C _{af} (%)	IG (%)
Mezcla Inicial	8,84	8,88	14,3	5,35	1,75	3,60	40,4
Fase biooxidativa (21d)	8,96	9,53	12,5	4,40	2,25	2,15	79,5
Final periodo biooxidativo (90d)	9,42	11,33	10,8	3,91	2,48	1,43	54,9
Compost maduro	9,41	13,36	9,9	3,70	2,55	1,10	31,5
LSD	0,05	0,32	0,40	0,55	0,56	0,45	5,9

C_{ex}: carbono extraíble con NaOH-0,1M, C_{ah}: carbono de ácidos húmicos, C_{af}: carbono de ácidos fúlvicos, IG: índice de germinación; LSD: diferencia mínima significativa a nivel estadístico (P<95%).

El IG aumentó al comienzo del proceso, desde un valor inicial de 40,4 % a un valor 83,8% después de dos semanas de compostaje. A partir del día 14, este parámetro empezó a disminuir hasta el final de la etapa de madurez, posiblemente debido al aumento de la conductividad eléctrica y del pH que se produjo durante este periodo. El valor del IG del compost obtenido fue < 50 %, indicando que la aplicación al suelo de este material producirá efectos fitotóxicos sobre las plantas (Zucconi et al., 1981).

De los resultados obtenidos se puede concluir que el sistema de compostaje Rutgers se podría emplear para el reciclado de los estiércoles de conejo y de cabra, ya que al final se obtiene un material con una materia orgánica estabilizada y humificada. Sin embargo, se debería de optimizar la mezcla de estos residuos con otros que redujeran sus altos valores iniciales de pH y conductividad eléctrica, para que estos parámetros fueran menores al final del proceso y no limitaran el empleo agrícola del compost obtenido, como consecuencia de la presencia de fitotoxicidad.

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica de la Generalitat Valenciana y la Universidad Miguel Hernández de Elche, dentro del proyecto Agrocompostaje.

Bibliografía: Bernal MP, Albuquerque JA, Moral R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Biores Technol* 100:5444–5453. ■ Bernal MP, Paredes C, Sánchez-Monedero MA, Cegarra J. 1998. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Biores Technol* 63:91-99. ■ Bustamante MA, Paredes C, Moral R, Agulló E, Pérez-Murcia MD, Abad M. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Res Cons Recycl* 52:792-799. ■ Estellés F, Cambra-López M, Jiménez-Belenguer A, Calvet S. 2014. Evaluation of calcium superphosphate as an additive to reduce gas emissions from rabbit manure. *World Rabbit Sci* 22:279-286. ■ Finstein MS, Miller FC, MacGregor ST, Psarianos KM. 1985. The Rutgers strategy for composting: process design and control. EPA Project Summary, EPA 600/S2-85/059, Cincinnati, Ohio. ■ Iglesias Jiménez E, Pérez García V. 1992. Composting of domestic refuse and sewage sludge. II. Evolution of carbon and some “humification” indexes. *Res Cons Recycl* 6:243-257. ■ Kulcu R, Yaldiz O.

2007. Composting of goat manure and wheat straw using pine cones as a bulking agent. *Biores Technol* 98:2700-2704. ■ MAPA, 2019. Anuario de estadística 2019. Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/default.aspx>. ■ Moral R, Moreno-Caselles J, Perez-Murcia MD, Perez-Espinosa A, Rufete B, Paredes C. 2005. Characterisation of the organic matter pool in manures. *Biores Technol* 96:153-158. ■ Moral R. et al. 2021. Análisis comparativo de estiércoles ganaderos en la Comunidad Valenciana. Proyecto Agrocompostaje 2021 Informe técnico. Generalitat Valenciana. ■ Mupondi LT, Mnkeni PNS, Brutsch MO, 2006. The effects of goat manure, sewage sludge and effective microorganisms on the composting of pine bark. *Comp Sci Util* 14:201-210. ■ Reglamento UE 2019/1009 de 5 de junio de 2019 por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes en la UE. *DOUE* L170:1-114. ■ Pardo G, del Prado A, Martínez-Mena M, Bustamante MA, Rodríguez Martín JA, Álvaro-Fuentes J, Moral R. 2017. Orchard and horticulture systems in Spanish Mediterranean coastal areas: Is there a real possibility to contribute to C sequestration? *Agr Ecosys Environ* 238:153-167. ■ Pardo G, Moral R, Aguilera E, Del Prado A. 2015. Gaseous emissions from management of solid waste: a systematic review. *Global Change Biol* 21:1313-1327. ■ Paredes C., Bernal MP, Cegarra J, Roig A. 2002. Bio-degradation of olive mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes. *Biores Technol* 85:1-8. ■ Paredes C, Pérez-Murcia MD, Bustamante MA, Pérez-Espinosa A, Agulló E, Moreno-Caselles J. 2015. Valorization of Mediterranean livestock manures: Composting of rabbit and goat manure and quality assessment of the compost obtained. *Commun Soil Sci Plant Nutr* 46:248-255. ■ Perez-Murcia et al. 2020. Informe sobre caracterización de las biomásas no productivas originadas en el sector agrario y agroalimentario valenciano. Proyecto Agrocompostaje 2020. Informe técnico disponible en <http://agrocompostaje.edu.umh.es/>. ■ Raviv M, Medina S, Krasnovsky A, Ziadna H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Comp Sci Util* 12:6-10. ■ Rynk R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Co-operative Extension Service, Ithaca, New York. ■ Solano ML, Iriarte F, Ciria P, Negro MJ. 2001. Performance characteristics of three aeration systems in the composting of sheep manure and straw. *J Agric Eng Res* 79:317-329. ■ Stentiford EI, Mara DD, Taylor PL. 1985. Forced aeration co-composting of domestic refuse and sewage sludge in static piles. En: *Composting of Agricultural and Other Wastes*. (Ed.) Gasser, J.K.R. Elsevier, Barking, pp. 42-54. ■ Tiquia SM. 2002. Microbial transformation of nitrogen during composting. En: *Microbiology of composting*. Insam, H.; Riddech, N y Klammer, S. (Eds.), Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg. ■ Tiquia SM, Tam NFY, Hodgkiss IJ. 1996. Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents. *Biores Technol* 55:201-206. ■ Venglovsky J, Ssakovea N, Placha I. 2009. Pathogens and antibiotic residues in animal manures and hygienic and ecological risks related to subsequent land application. *Biores Technol* 100:5386-5391. ■ Zucconi F, Forte M, Monaco A, de Bertoldi M. 1981. Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle* 22:27-29. ■ Zucconi F, de Bertoldi M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. En: *Compost: Production, Quality and Use*. Ed. M., de Bertoldi; M.P., Ferranti; P., L'Hermite y F., Zucconi. Elsevier. Barking, pp. 30-50.

Últimos avances en inseminación artificial

Recent advances in artificial insemination

María Pilar VIUDES DE CASTRO*

*Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (CITA-IVIA),
12400 Segorbe (Castellón), España.*

**viudes_mar@gva.es*

Resumen: La inseminación artificial en conejo es una herramienta sumamente útil, tanto para la organización del manejo reproductivo de una explotación, como para la difusión de material genético de calidad, manteniendo unas garantías sanitarias. Desde su introducción en las granjas comerciales, se han producido grandes mejoras tanto en la preparación de las dosis seminales como en la técnica de inseminación. En este trabajo haremos un repaso de los avances científicos de la última década que han permitido introducir innovaciones en la técnica de inseminación artificial en conejo.

Palabras clave: Inseminación de conejo, diluyentes de semen, conservación seminal.

Abstract: Artificial insemination in rabbits is an extremely useful tool, both for the organization of the reproductive management of a farm, and for the dissemination of quality genetic material, maintaining sanitary guarantees. Since its introduction on commercial farms, there have been great improvements both in the preparation of the seminal doses and in the insemination technique itself. In this paper, we will review the scientific advances of the last decade that have allowed introducing innovations in the field of artificial insemination in rabbits.

Keywords: Rabbit insemination, semen extenders, semen preservation.

Introducción

La inseminación artificial (IA) permite una mejor organización del manejo reproductivo de una explotación, siendo además una herramienta sumamente útil para la difusión genética con garantías sanitarias. Existen numerosos factores que afectan el éxito de la inseminación. Por una parte, están aquellos relacionados con la hembra, como pueden ser su estado fisiológico en el momento de la inseminación, su receptividad, el número de partos, la línea genética, etc..., por otra parte, los factores relacionados con el macho, como la calidad seminal, la frecuencia de recuperación de semen, la línea genética, la concentración de espermatozoides utilizada en la dosis seminal, el tipo de semen, etc..., y, por último, otros factores como el ritmo reproductivo, la estación, la temperatura, el fotoperiodo, el estado sanitario, la alimentación, etc.

Desde las primeras inseminaciones realizadas en conejo, se han producido grandes mejoras técnicas, con avances significativos en el manejo reproductivo, en la introducción de material genético de calidad en las explotaciones, así como en aspectos clave relacionados tanto con la preparación de las dosis seminales como con su aplicación en granja.

La dilución del semen nos permite mantener la viabilidad y las características funcionales de los espermatozoides, permitiéndonos aumentar el volumen del eyaculado para preparar las dosis seminales necesarias. En principio, una fuente de energía y una sustancia con capacidad tampón para evitar los cambios de pH son los componentes básicos que un diluyente debe contener para poder mantener el metabolismo de los espermatozoides. No obstante, se pueden añadir diferentes moléculas que otorguen un valor añadido a la función del diluyente, siempre y cuando la calidad seminal no se vea afectada.

En conejo, al ser una especie de ovulación inducida por el estímulo nervioso provocado por la monta del macho, cuando se practica la IA se requiere la inducción de la ovulación. Por ello, en el momento de la inseminación se debe administrar un análogo sintético de la hormona responsable de desencadenar la cascada de acontecimientos que provocarán la ovulación, la GnRH. La aparición en los años 80 de los análogos sintéticos de la GnRH hizo que la IA en conejo se convirtiese en una técnica con gran proyección. En la actualidad existen numerosos análogos sintéticos de la GnRH que han demostrado ser eficaces en la inducción de la ovulación en conejo (Dal Bosco et al., 2011). De ahí que la IA se haya ido extendiendo, pasando a ser hoy en día una técnica habitual en las granjas cunícolas.

La aplicación de la GnRH se realiza habitualmente por vía intramuscular, sin embargo, también puede inducirse la ovulación por vía vaginal, incorporando el análogo de la GnRH en el diluyente del semen. Ambas opciones presentan sus ventajas e inconvenientes. La aplicación intramuscular conlleva el uso de jeringuillas, lo que comporta un riesgo tanto para el personal que insemina como para los animales, además, supone un daño físico en la hembra y aumenta el tiempo de manejo del animal y el consiguiente estrés, sin embargo, su ventaja radica en que la concentración hormonal que se debe inyectar para que la ovulación sea efectiva es muy baja. Por su parte, la aplicación intravaginal tiene algunos inconvenientes, por un lado, la absorción de la GnRH a través de las paredes de la vagina es baja, y, por otro lado, los análogos de GnRH son moléculas muy pequeñas (nueve o diez aminoácidos) que son atacadas por enzimas que están presentes en el semen (Viudes de Castro et al., 2014), por lo que la concentración de GnRH que se requiere añadir al diluyente para inducir la ovulación por vía vaginal es de diez a veinte veces superior a la que se inyecta intramuscularmente. Sin embargo, al no tener que utilizar jeringuillas, se eliminan los riesgos asociados a ellas y el dolor físico que supone una inyección, contribuyendo por tanto al bienestar animal, además de reducir el tiempo de manejo de los animales y el consiguiente estrés de los mismos.

En la última década las investigaciones relacionadas con la inseminación artificial en conejo han centrado su interés tanto en el desarrollo de diluyentes como en optimizar diferentes protocolos de conservación. Por lo que repasaremos a continuación los últimos avances.

Utilización de análogos de la GnRH en el diluyente

Si bien la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) sugiere utilizar en lo posible prácticas que contribuyan al bienestar animal, también recomienda limitar el uso de los tratamientos hormonales. Por lo que, aunque la utilización de diluyentes que lleven incorporada la GnRH es una práctica que mejora el bienestar de las conejas, aumentar la dosis de GnRH por animal iría en contra de las recomendaciones de la EFSA y de la demanda de los consumidores de una ganadería más limpia y con menos hormonas. De ahí la necesidad de desarrollar nuevos diluyentes que permitan bajar la dosis de GnRH que se está añadiendo actualmente al diluyente a nivel comercial.

En los últimos años, se han llevado a cabo diferentes trabajos encaminados a reducir la cantidad de GnRH del diluyente de inseminación. Casares-Crespo et al. (2016, 2018a) utilizaron moléculas que bloquean la actividad de las enzimas que atacan a la GnRH y observaron que el EDTA y la bestatina, inhibidores de estas enzimas, permitían mantener tanto la calidad seminal como la fertilidad y prolificidad de la hembra. Por otro lado, Fernández-Serrano et al. (2017) desarrollaron un sistema de nanoencapsulación que permitía proteger a la GnRH del ataque enzimático, lo que abría las puertas a poder bajar la concentración de GnRH en el diluyente. Así, en un trabajo posterior, Casares-Crespo et al. (2018b) demostraron que ambos métodos permitían reducir la concentración de GnRH en el diluyente, sin que la fertilidad y prolificidad de las hembras se viesen afectadas.

Utilización del factor de crecimiento nervioso (NGF)

El NGF es un factor endocrino de naturaleza proteica que juega un importante papel en el desarrollo y mantenimiento del sistema nervioso periférico y central (Bradshaw et al. 2017). Esta

proteína está presente en el plasma seminal de los mamíferos y en los camélidos es capaz de inducir la ovulación cuando se aplica intramuscularmente. En conejo se han llevado a cabo diferentes trabajos para testar la posibilidad de utilizar el NGF como inductor de la ovulación (Silva et al. 2011; Masdeu et al. 2012; García-García et al. 2018; Sánchez-Rodríguez et al. 2019). Sin embargo, los resultados no parecen alentadores, alcanzando un 60% de inducción de la ovulación en el mejor de los casos cuando se añade NGF a la dosis de inseminación. En un trabajo reciente, Maranesi et al. (2018) estudiaron las posibles vías de inducción de la ovulación en el conejo, concluyendo que en esta especie existen dos mecanismos complementarios que intervienen en la inducción de la ovulación, una vía nerviosa y otra endocrina, de ahí que tanto la estimulación física del apareamiento o la introducción de la cánula de inseminación como la ejercida por algún factor inductor de la ovulación presente en el plasma seminal, probablemente el NGF, sean determinantes en la inducción de la ovulación en la coneja. Así, existen trabajos en los que se constata que existe un porcentaje de hembras que ovulan sin que se apliquen análogos de GnRH o semen, simplemente por la introducción de la cánula de inseminación (Viudes de Castro et al., 2007), mientras que, si se bloquea el impulso nervioso mediante anestesia epidural, no se produce la ovulación (Rebollar et al., 2012), lo que pone de manifiesto la importancia de la estimulación física en esta especie. Así, Viudes de Castro et al. (2017) estudiaron cómo afectaba el tipo de cánula a la inducción de la ovulación, observando que con las cánulas cortas y flexibles un 64% de las hembras ovulaban, mientras que con las cánulas largas y rígidas tan sólo un 30% de las hembras eran inducidas a ovular. Por lo que el diseño de la cánula de inseminación puede ser determinante en la reducción del uso de hormonas en IA.

Uso de antibióticos en el diluyente

Dado que la obtención del semen no es un procedimiento que se pueda llevar a cabo en condiciones estériles, los antibióticos están presentes en los diluyentes de inseminación para evitar la proliferación bacteriana. No obstante, debido al uso masivo que se ha hecho de los antibióticos en medicina humana y veterinaria, en producción animal, en agricultura y en la tecnología de alimentos, han surgido los microorganismos resistentes a los antibióticos que se utilizan habitualmente, lo que supone un gran problema a nivel mundial (Da Costa et al., 2013; Waberski et al., 2019). De ahí que sea necesario sustituir los antibióticos que se utilizan rutinariamente en la IA para evitar la aparición de bacterias resistentes a los mismos. En un trabajo reciente se ha observado que la utilización de EDTA y bestatina en el diluyente de inseminación de conejo controlaba el crecimiento bacteriano hasta 72 horas en semen refrigerado a 15 grados, mientras que un coctel de antibióticos perdía su eficacia tras 24 horas. Lo que sugiere que ambas moléculas podrían ser una alternativa a los antibióticos convencionales en los diluyentes de inseminación de esta especie (Viudes de Castro et al., 2021a).

Conservación del semen

En los últimos años la demanda de semen conservado se ha incrementado, ya que tanto en las explotaciones que utilizan la banda única, como en los centros que distribuyen semen, resultaría muy ventajoso poder conservar el semen de 72 a 96 h con su capacidad fecundante intacta e incluso poder utilizar semen congelado, lo que permitiría hacer un uso más racional de la mano de obra y de los animales para la preparación de las dosis seminales. Actualmente, los diluyentes específicos de semen de conejo garantizan una conservación eficaz de las características del semen diluido al menos 24 horas. Sin embargo, la fertilidad con semen refrigerado hace que, en la práctica, para no comprometer los resultados productivos de las explotaciones, la mayoría de las inseminaciones se realicen con semen refrigerado durante 36-48 horas como máximo y con concentraciones notablemente más elevadas que cuando se utiliza el semen fresco. En conejo, las temperaturas de refrigeración más habituales son 5°C y 15°C, con grandes discrepancias de resultados a favor de una u otra temperatura (Rosato y Lafaldano, 2011; Ragab et al., 2011; Sariözkan et al., 2012), lo que podría explicarse tanto por la composición del diluyente utilizado, como por las condiciones de preparación del semen. De ahí que sea necesario continuar trabajando en el desarrollo de diluyentes específicos de refrigeración que mantengan la capacidad fecundante del semen durante un amplio periodo de tiempo.

En lo que se refiere al semen congelado, hemos de tener en cuenta que el conejo, además de utilizarse para producir carne, es un modelo animal de gran valor en los estudios de biomedicina, por lo que mejorar los resultados del semen congelado tiene un gran interés para poder conservar algunas líneas o razas de conejo. Existen diferentes factores a tener en cuenta en la congelación de semen, ya que tanto el proceso de enfriamiento inicial (etapa de equilibrado) como el de congelación y descongelación presentan numerosos problemas asociados que deben tenerse en cuenta. Por ello, tanto los procedimientos de congelación y descongelación como la composición del diluyente deben ser definidos con sumo cuidado. Los procedimientos de congelación conllevan una etapa de enfriamiento o equilibrado del semen a 5°C previa a la congelación de la muestra, la tasa de bajada de temperatura y la duración de esta etapa pueden condicionar los resultados de fertilidad del semen congelado, siendo aconsejable que el equilibrado se realice lentamente, siendo recomendable una duración superior a 10 minutos, normalmente de 45 a 90 minutos (Maeda et al., 2012; Mocé et al., 2014; Di Lorio et al., 2018). Por otra parte, la velocidad de congelación también afecta a la capacidad fecundante del semen, observándose que una velocidad media de congelación (-40°C/min) ofrece mejores resultados que otras más lentas o rápidas (Mocé et al., 2015). Por último, destacar la gran cantidad de trabajos que se han llevado a cabo en la última década sobre la adición de diferentes compuestos a los diluyentes de congelación. Por una parte, se ha estudiado el efecto de la adición de diferentes agentes con capacidad antioxidante como vitamina E, cisteína, glutamina, glutatión o melatonina al diluyente de congelación, observándose una disminución del nivel de oxidación y una mejora de la calidad del semen congelado-descongelado, también se ha probado el efecto de la adición de diferentes proteínas como la albumina del suero bovino, proteínas anticongelantes, sericina o la adición de gelatina (para mayor información, consultar la revisión de Nishijima et al., 2021). Por último, en otros trabajos se ha suplementado el diluyente de congelación con polímeros de elevado peso molecular como el ficoll, el polivinil alcohol o el dextrano (Kuliková et al., 2014; Tekin y Daskin, 2019; Viudes de Castro et al., 2021b), observándose un marcado efecto protector de estas sustancias sobre el espermatozoide. Así, un 5% de dextrano en el diluyente de congelación hizo que los resultados de fertilidad y prolificidad fuesen similares a los obtenidos con semen fresco (Viudes de Castro et al., 2021b), lo que puede tener una gran repercusión en la IA de conejo.

Bibliografía: Bradshaw RA, Mobley W, Rush RA. 2017. Nerve growth factor and related substances: a brief history and an introduction to the international NGF meeting series. *Int J Mol Sci* 18:1143. ■ Casares Crespo L, Vicente JS, Talaván AM, Viudes de Castro MP. 2016. Does the inclusion of protease inhibitors in the insemination extender affect rabbit reproductive performance? *Theriogenology* 85(5):928-932. ■ Casares Crespo L, Fernández Serrano P, Vicente JS, Mocé E, Castellini C, Stabile AM, Viudes de Castro MP. 2018a. Insemination extender supplementation with bestatin and EDTA has no effect on rabbit reproductive performance. *Theriogenology* 105:61-65. ■ Casares Crespo L, Fernández Serrano P, Viudes de Castro MP. 2018b. Protection of GnRH analogue by chitosan-dextran sulfate nanoparticles for intravaginal application in rabbit artificial insemination, *Theriogenology* 116:49-52. ■ Da Costa PM, Loureiro L, Matos AJF. 2013. Transfer of multidrug-resistant bacteria between intermingled ecological niches: The interface between humans, animals and the environment. *Int J Environ Res Public Health* 10:278-294. ■ Dal Bosco A, Rebollar PG, Boiti C, Zerani M, Castellini C. 2011. Ovulation induction in rabbit does: current knowledge and perspectives. *Anim Reprod Sci* 129(3-4):106-117. ■ Di Lorio M, Colonna MA, Miranda M, Principe P, Schiavitto M, Cerolini S, Manchisi A, Iaffaldano N. 2018. Initial cooling time before freezing affects post-thaw quality and reproductive performance of rabbit semen. *Anim Sci J* 89:1240-1244. ■ Fernández Serrano P, Casares Crespo L, Viudes de Castro MP. 2017. Chitosan-dextran sulphate nanoparticles for GnRH release in rabbit insemination extenders. *Reprod Dom Anim* 52(4):72-74. ■ Garcia Garcia RM, Masdeu MM, Sanchez Rodriguez A, Millan P, Arias Alvarez M, Sakr OG, Bautista JM, Castellini C, Lorenzo PL, Rebollar PG. 2018. β -nerve growth factor identification in male rabbit genital tract and seminal plasma and its role in ovulation induction in rabbit does. *Ital J Anim Sci* 17(2):442-453. ■ Kuliková B, Di Lorio M, Kubovicova E, Kuzelova L, Iaffaldano N, Chrenek P. 2014. The cryoprotective effect of Ficoll on the rabbit spermatozoa quality. *Zygote* 23:785-794. ■ Maeda T, Liu E, Nishijima K, Tanaka M, Yamaguchi S, Morimoto M, Watanabe T, Fan J, Kitajima S. 2012. Effect of the primary cooling rate on the motility and fertility of the frozen-thawed rabbit spermatozoa. *World Rabbit Sci* 20:65-67. ■ Maranesi M, Petrucci L, Leonardi L, Piro F, Rebollar P, Millán P, Cocci P, Vullo C, Parillo F, Moura A, Mariscal G, Boiti C, Zerani M. 2018. New insights on a NGF-mediated pathway to induce ovulation in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Biol Reprod* 98(5):634-643. ■ Masdeu MM, Garcia-Garcia RM, Millan P, Revuelta L, Sakr OG, Blanco PG, et al. 2012. Effect of Rabbit Seminal Plasma in ovulating response. *Reprod Fert Develop* 25(1):243. ■ Mocé E, Blanch E, Talaván AM,

Viudes de Castro MP. 2014. Reducing the time rabbit sperm are held at 5 °C negatively affects their fertilizing ability after cryopreservation. *Theriogenology* 82:1049-1053. ■ Mocé E, Blanch E, Talaván AM, Viudes de Castro MP. 2015. Effect of different freezing velocities on the quality and fertilising ability of cryopreserved rabbit spermatozoa. *Reprod Fert Develop* 27:846-851. ■ Nishijima K, Kitajima S, Matsuhisa F, Niimi M, Wang C, Fan J. 2021. Strategies for highly efficient rabbit sperm cryopreservation. *Animals* 11:1220. ■ Ragab AA, El-Sherbieny MA, El-Siefy EM, Adel-Khalek AE. 2011. Effect of gelatin supplementation on the quality and fertility of rabbit spermatozoa preserved at room or refrigerator temperature degrees. *J. Anim Poult Prod* 2:579-588. ■ Rebollar PG, Dal Bosco A, Millan P, Cardinali R, Brecchia G, Sylla L, Lorenzo PL, Castellini C. 2012. Ovulating induction methods in rabbit does: the pituitary and ovarian responses. *Theriogenology* 77:292-298. ■ Rosato MP, Iaffaldano N. 2011. Effect of chilling temperature on the long-term survival of rabbit spermatozoa held either in a Tris-Based or in a jellified extender. *Reprod Domest Anim* 46:301-308. ■ Sanchez Rodriguez A, Abad P, Arias Alvarez M, Millán P, Rebollar PG, Bautista JM, Lorenzo PL, García-García RM. 2019. Recombinant rabbit beta nerve growth factor production and its biological effects on sperm and ovulation in rabbits. *PLOS ONE* 14(9):e0223091. ■ Sariözkan S, Cantür F, Yay A, Akcay A. 2012. The effect of different storage temperature on sperm parameters and DNA damage in liquid stored New Zealand rabbit spermatozoa. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 18(3):475-480. ■ Silva M, Nino A, Guerra M, Letelier C, Valderrama XP, Adams GP, Rato MH. 2011. Is an ovulation-inducing factor (OIF) present in the seminal plasma of rabbits? *Anim Reprod Sci* 127:213-221. ■ Tekin K, Daskin A. 2019. Effect of polyvinyl alcohol on survival and function of angora buck spermatozoa following cryopreservation. *Cryobiology* 89:60-67. ■ Viudes de Castro MP, Mocé E, Lavara R, Marco-Jimenez F, Vicente JS. 2014. Aminopeptidase activity in seminal plasma and effect of dilution rate on rabbit reproductive performance after insemination with an extender supplemented with buserelin acetate. *Theriogenology* 81:1223-1228. ■ Viudes de Castro MP, Lavara R, Marco-Jimenez J, Cortell C, Vicente JS. 2007. Ovulation induced by mucosa vaginal absorption of buserelin and triptorelin in rabbit. *Theriogenology* 68:1031-1036. ■ 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. En: *XVII Jornadas sobre Producción Animal*, Zaragoza, España, pp 380-382. ■ Viudes de Castro MP, Marco-Jimenez F, Vicente JS, Marin C. 2021a. Antibacterial activity of some molecules added to rabbit semen extender as alternative to antibiotics. *Animals* 11(4):1178. ■ Viudes de Castro MP, Talaván AG, Vicente JS. 2021b. Evaluation of dextran for rabbit sperm cryopreservation: Effect on frozen-thawed rabbit sperm quality variables and reproductive performance. *Anim Reprod Sci* 226:106714. ■ Waberski D, Riesenbeck A, Schulze M, Weitze KF, Johnson L. 2019. Application of preserved boar semen for artificial insemination: Past, present and future challenges. *Theriogenology* 137:2-7.

La necesaria transición de la cunicultura en Europa. El ejemplo francés

The necessary transition of the rabbit farming in Europe. The French Example

Davi SAVIETTO*

GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet-Tolosan, France.

*davi.savietto@inrae.fr

Resumen: La cunicultura del siglo XXI debe hacer frente a dos grandes desafíos. El respecto del bienestar animal y la sostenibilidad medioambiental. El primer desafío tiene sus orígenes en el rechazo por una parte de la sociedad al modo de producción actual, basado en una economía de escala y una oferta alimentaria a bajo coste. Esto implica altas densidades animales, un espacio de vida limitado y un suministro inadecuado de enriquecimientos ambientales necesarios a la expresión del repertorio comportamental de la especie. El segundo desafío es estructural. Afecta a casi todos los sectores de la economía moderna, siendo la producción de alimentos uno de los sectores clave. La acumulación de conocimientos relativos a la contribución de la agricultura y de la ganadería al calentamiento global, a la polución de los suelos, a la degradación de las reservas de agua dulce y a la pérdida de la biodiversidad demuestran la falta de sostenibilidad del modelo en vigor. En este contexto, observamos la evolución de sistemas de producción actuales y la emergencia de una cunicultura alternativa, que intenta conjugar ambos desafíos. Este breve artículo describe una serie de ejemplos de engorde de conejos que integran, a distintos niveles, estos desafíos.

Palabras clave: *Oryctolagus cuniculus*, sistemas de producción, bienestar animal, cunicultura alternativa.

Abstract: Rabbit farming in the XXI century faces two main challenges. The respect of animal welfare and the environmental sustainability. The first challenge stems from a portion of society's rejection of the current mode of production, which is based on economies of scale and the low food prices. This implies high animal densities, a limited living space and an inadequate supply of environmental enrichments allowing the expression of the behaviour repertoire of the species. The second challenge is structural. It has an impact on almost every sector of the modern economy, with food production being a key sector. The accumulation of knowledge regarding the contribution of agriculture and livestock to global warming, soil pollution, the degradation of freshwater reserves and the loss of biodiversity demonstrates the lack of sustainability of the current production model. In this context, we observe the evolution of the current production system and the emergence of alternative ones, systems that aims to combine both challenges. This short communication describes few examples on rabbit growing systems that integrates, at different levels, these two challenges.

Keywords: *Oryctolagus cuniculus*, farming systems, animal welfare, alternative rabbit production.

Breve introducción

Una actividad económica es viable en presencia de un mercado. Dicho de otra forma, ella depende de los consumidores. Sin debatir acerca de las cualidades organolépticas, nutritivas o las dificultades culinarias que puedan influenciar el comportamiento de los consumidores de carne de conejo, o su pérdida, en este breve artículo (en ciertos momentos de opinión) trato describir las principales tendencias de sociedad que parecen condicionar la necesaria transición de la cunicultura europea. He intentado presentar, en lo que me parece esencial, los dos grandes

motores de cambio que afectan o afectarán el consumo de carnes y de otros productos de origen animal: el bienestar animal y el impacto medioambiental.

Finalizo este trabajo presentando cuatro alternativas francesas al modo de producción denominado “convencional”, describiendo algunas de sus ventajas e inconvenientes. Espero que estas reflexiones y ejemplos contribuyan a la construcción de un debate constructivo entre los distintos actores de la interprofesional y que permitan una evolución en nuestra forma de trabajar con los animales.

La protección de los animales de ganadería en Francia y España

Europa no dispone de una legislación específica en materia de protección de los animales de ganadería. Lo que hay es un convenio entre los estados miembros, donde son descritas las normas mínimas de protección de los animales (Directiva 98/58/CE, del 20 de julio de 1998). Esta directiva, que se aplica únicamente a los animales criados o mantenidos para la producción de alimentos, productos y/o servicios, es puramente consultiva. Se trata de un acto legislativo en el cual se establecen los objetivos mínimos que todos los países de la unión deben cumplir, correspondiendo a cada Estado la elaboración de leyes para alcanzar estos objetivos (Unión Europea, 2020). Entre otras, las normas mínimas previstas en este documento son: la inspección diaria de los animales, la constancia documental de los tratamientos y del registro de los animales, la libertad de movimientos propios de la especie, la inocuidad del material y del medio de vida, y en el caso de acceso al exterior, la protección de los animales frente a las inclemencias del tiempo, los depredadores y el riesgo de enfermedades.

En Francia, la traducción legal de la Directiva 98/58/CE se encuentra en el artículo L214 del Código Rural y de la Pesca Marítima. En el primero de sus 23 párrafos podemos leer: “...*todo animal debe ser alojado en condiciones compatibles con los imperativos biológicos de su especie.*” En España, el código de protección y bienestar animal, vía el Real Decreto 348/2000, del 10 de marzo de 2000, integra exactamente los mismos elementos de dicha directiva. La particularidad del texto español es la existencia de un apartado por especie, donde son descritas las normas de protección de los animales de granja. Sin embargo, en lo que concierne la cunicultura, el texto es parcial, tratando únicamente las normas de ordenación de las explotaciones (Real Decreto 1547/2004, del 25 de junio 2004), sin que sean definidas las condiciones mínimas de alojamientos que garanticen la expresión de los comportamientos específicos de los conejos.

A nivel comunitario y en la ausencia de una legislación común, la Comisión está obligada a presentar al Consejo europeo un informe que contemple todos los progresos técnicos y científicos en materia de mejoría de las condiciones de vida de los animales de producción. En cunicultura, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria ha publicado dos informes en los últimos 15 años (European Food Safety Agency [EFSA], 2005 y EFSA, 2020). En la actual versión, encontramos una evaluación teórico-comparativa del bienestar de los conejos que confronta todos los modos de producción existentes (de las llamadas granjas convencionales a los sistemas orgánicos). En lo referente a las granjas convencionales, donde en la gran mayoría de los casos los animales viven en jaulas convencionales, su bienestar ha sido sistemáticamente considerado como inferior respecto a los demás sistemas. En este mismo sistema, el informe de la EFSA denuncia la falta de espacio permitiendo la correcta expresión de los comportamientos específicos de la especie y un suelo inadecuado al correcto reposo de los animales.

La inadecuación de la legislación en protección animal a la realidad del sistema de producción (o la simple ausencia de criterios bien definidos y consensuados) parece crear, en ciertas esferas de la sociedad, un sentimiento de frustración, de indignación y de injusticia. Sentimientos que se traducen en distintas formas de militancia sociopolítica.

Los dos lados de la moneda militante: el abolicionista y el welfarista

La indignación de ciertas esferas de la sociedad frente al tratamiento de los animales de producción se traduce en dos principales corrientes de pensamiento: el abolicionista y el welfarista

(o bienestarismo). Si los abolicionistas se oponen a todo 'uso' animal por parte de los humanos, los welfaristas lo aceptan, a condición de proporcionar a los animales ciertas condiciones de vida y de trabajo compatibles a los imperativos de cada especie, y sin que su bienestar se vea alterado. Independientemente de su objetivo principal, ambos movimientos actúan de forma similar: manifestaciones y exhibiciones públicas, videos de denuncia difundidos en las redes sociales y mucha publicidad. La amplia divulgación de una realidad (a veces distorsionada), impacta la percepción ciudadana (consumidores o no), alimenta el debate e impacta la opinión pública. Un ejemplo reciente y concreto de la eficacia de los movimientos de protección animal es la masiva adhesión a la iniciativa ciudadana "*Pongamos fin a la era de las jaulas*" (European Commission, 2021).

Aunque la acción "*Pongamos fin a la era de las jaulas*" haya sido orquestada por una asociación welfarista Compassion in World Farming (CIWF; <https://www.endthecageage.eu/>), pudiendo ser percibido como un ataque directo a la ganadería, es solamente con este tipo de asociaciones con las que se puede verdaderamente dialogar y trabajar. De hecho, esta misma ONG ha colaborado con los productores y fabricantes de material agrícola en la concepción de un sistema de engorde alternativo. Un sistema, que según CIWF, responde a la vez al bienestar de los animales, a las necesidades de organización del trabajo y a la competitividad económica de la cunicultura europea (<https://www.ciwf.fr/actualites/2019/06/une-avancee-pour-lelevage-de-lapins>). CIWF, junto con la asociación Welfarm (<https://welfarm.fr/>), son igualmente miembros activos en el proyecto de investigación participativa "*Living Lab Lapin*". Proyecto que integra todos los actores de la interprofesional y que tiene por objetivos el desarrollo de un sistema de producción socialmente aceptable, utilizando la metodología *living lab* (<https://www.inrae.fr/actualites/living-lab-lapins-projet-innovant-bien-etre-animal>).

En lo relativo al bienestar animal, se podría pensar que estamos entrando en una nueva era. Una era donde los avances técnico-científicos no serán los únicos factores que condicionan el tipo de sistema de producción vigente. Una era donde el trabajo que se realiza con los animales, como toda relación de trabajo, se basará en el respeto, la comunicación y la inteligencia (Porcher, s.f.). Una era donde, además del adecuado tratamiento a los animales, se tendrán cada vez más en cuenta el origen de los productos animales, su modo de producción y el impacto medioambiental generado por la ganadería. Una era donde ganadería y ecología serán indisolubles.

Ganadería y ecología

Según la Food and Agriculture Organisation (FAO, 2006), la ganadería es uno de los tres sectores que más impactan el medioambiente (a todos los niveles). Juntas, ganadería y agricultura consumen el 70% del agua dulce que se utiliza, sin mencionar que estos dos sectores son responsables del 23% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (International Panel on Climate Change [IPCC], 2020).

En su anterior informe, el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2020), presenta algunos datos interesantes. Como un aumento de cerca de 800% respecto a 1961 en el uso de fertilizantes nitrogenados y de 100% en el uso del agua, frente a una mejora del 200% en el rendimiento de las cosechas. En el mundo animal, el número total de cabezas de ganado rumiante ha aumentado en 50%. Juntos, los progresos productivos obtenidos en agricultura y ganadería han contribuido a una ingestión per cápita de calorías en aumento (entre el 30 y el 50%), a la reducción de la desnutrición (en 50%) y a que 2000 millones de adultos tengan sobrepeso u obesidad. Todo en un planeta con más habitantes: +150% entre 1961 y 2017. Estos datos van en contra del argumento "*hay que producir más para alimentar una población cada vez más numerosa...*"

Visto el innegable impacto medioambiental de la producción de alimentos, la gran utilización de tierras para la alimentación animal y el estado nutricional de los occidentales (sobrepeso y obesidad en mayores de 15 años: España ocupa la 18ª posición entre los 52 países de la OCDE con una prevalencia igual al 61,6%; Agencia Española de Seguridad Alimentaria,

2019), no es de extrañar que las recomendaciones actuales en materia de alimentación se orienten, en su gran mayoría, a la reducción del consumo de productos cárnicos, principalmente en el caso de sociedades con un consumo excesivo, como en Europa (EAT-Lancet Commission, 2019). De este hecho, no es raro observar que de los 16 escenarios prospectivos integrando alimentación, agricultura y cambio climático, 12 preconicen la reducción de la ingestión de proteínas animales (Courturier et al., 2021).

Juntos, los objetivos medioambientales de los estados miembros y el cambio en el comportamiento alimentario de los consumidores (preocupados con el bienestar animal y el impacto medioambiental) afectan el sector ganadero (y agroalimentario). De hecho, según el informe *“European Union Agricultural Outlook for 2020-30 Report”* (European Union, 2020), la reducción estimada del consumo per cápita de productos cárnicos alcanzará los 1,1 kg en 2030, para un consumo anual de 67,6 kg/habitante. La misma tendencia se observa en cunicultura. En Francia, así como en España el consumo de carne de conejo se ha reducido, pasando de 1,0 kg en 2010 a aproximadamente 0,42 kg/habitante/año en 2020 en Francia (<https://www.itavi.asso.fr/content/les-lapins>) y de 1,30 a 0,90 kg/habitante/año entre 2009 y 2019 en España. Sin embargo, a pesar de una reducción constante en el consumo, ciertos mercados nichos, como la cunicultura ecológica, han ganado terreno (European Commission, 2017).

En un contexto donde la sensibilización de los ciudadanos en materia de bienestar animal (Harfeld, 2013) y sostenibilidad (Thøgersen, 2021) se incrementa, afectando directa o indirectamente su comportamiento de consumo, no sólo el tipo de producto que se oferta cuenta. Según el economista Roger L. Martin, la mejor estrategia es dejar que *“los clientes se hagan cargo”*, puesto que empezaremos a vivir en un *“capitalismo impulsado por el cliente”* (Martin, 2010). En este ‘nuevo’ capitalismo, el ganadero deberá conocer su mercado (y sus potenciales consumidores), adaptando su modo de producción a las tendencias (presentes y/o futuras) del mercado. Otro aspecto esencial es la comunicación. Los consumidores, especialmente los más jóvenes, desean conocer los productos que adquieren; lo que es una evidencia en las campañas de marketing de los productos ‘ecológicos’, ‘sin-OMG’, ‘huevos sin-jaulas’, etc. (Taylor, 2019). ¡Hay que saber escuchar! (Nichols y Stevens, 1957). ¡Hay que saber prever! Entrevistada por el New York Times (2018), la profesora en bienestar animal de la Universidad de British Columbia (Canadá), Marina von Keyserlingk dijo: *“Si la industria se hace cargo y decide adoptar mejores prácticas, la transición será mucho más ágil y eficaz que la legislación.”* ¿Será que hemos sido capaces de escuchar y de prever?

¡En cierto modo sí!

Los ejemplos que siguen tratan únicamente la fase de engorde. No he presentado los sistemas tipo parque, visto que el comportamiento (Podberscek et al., 1991; Troccino et al., 2014), los rendimientos productivos (Pricz et al., 2009; Xiccato et al., 2013) y la calidad de la canal (Zotte et al., 2009; Combes et al., 2010) de conejos engordados en este sistema han sido ampliamente descritos. Los ejemplos que siguen tratan de sistemas en desarrollo. De los cuatro ejemplos, dos son de iniciativa privada. Los otros dos son sistemas, en desarrollo en el INRAE de Toulouse, que tienen la particularidad de permitir a los conejos acceso al pasto.

Saber escuchar: ejemplo de diálogo y cooperación entre la interprofesión y la ONG Compassion in World Farming (CIWF)

El primer ejemplo demuestra la posibilidad de un diálogo constructivo entre la profesión y una ONG de defensa del derecho de los animales. Según Amélie Legrand (CIWF, 2019), *“el modelo de crianza en recintos, desarrollado en conjunto con las Cooperativas CPLB y Terrena, y el matadero Louel & Pirot (<https://lapinetbien.com>), es una evolución para la industria del conejo, en Francia y en Europa. Hasta donde sabemos, ningún modo de engorde ha llegado tan lejos. CIWF no se olvida de la calidad de vida de los ganaderos, ni de las dimensiones económica y práctica, garantes de la ganadería.”*

El sistema de engorde “*Lapin et Bien*” integra ventajas para el productor y para los animales. Cada conejo tiene a su disposición 800 cm², sin que el ganadero pierda en productividad numérica. Cada gran parque (al suelo y sin techo) dispone de plataformas y escondrijos, permitiendo a los animales la expresión de comportamientos como saltar, levantarse, esconderse o buscar refugio, pudiendo utilizar libremente el espacio a su disposición (Figura 1). En términos de trabajo, el sistema cuenta con comedores automáticos, suelo tipo rejilla plástica y fosas con sistemas automáticos de limpieza. Los escondrijos sirven no solamente de refugio para los animales. Una vez en el escondrijo, el ganadero puede cerrar el acceso al exterior, facilitando el trabajo de carga de los animales en fin de banda. Todo ello permite igualmente un trabajo de limpieza y desinfección entre bandas adecuado, similar al sistema de jaulas. A pesar de no divulgar datos, lo que limita la discusión acerca de las ventajas y potenciales inconvenientes del sistema, los grupos involucrados en el proyecto describen una experiencia de investigación y desarrollo de 4 años en conjunto con un grupo de ganaderos de la cooperativa.



Figura 1. Sistema de engorde de conejos “*Lapin et Bien*”. Fuente: izquierda, [@LesEchos](#); derecha, [@Terra](#).

Saber anticipar: LAPETY WELLAP, ¡el conejo en libertad!

Junto a sus proveedores de pienso y un grupo de productores, la empresa WISIUM ha desarrollado un sistema permitiendo la expresión de una gran gama de comportamientos naturales del conejo. WISIUM presenta su concepto, llamado ‘LAPETY WELLAP’ (<https://www.fr.wisium.com/nos-marques-et-demarches/demarches/lapety-wellapp-le-lapin-en-toute-liberte/>) como una alternativa posible al engorde en jaulas. Sistema, que, según ellos, responde a las expectativas del consumidor moderno.

Basados en una estructura móvil o no, con costes de implementación razonables (alrededor de los 400 € contra los actuales 800-1000 €/jaula de madres), este sistema de engorde integra zonas de refugio tipo madriguera, plataformas y grandes espacios, techo a la altura humana, tubos de PVC extraíbles sirviendo de escondrijos y bloques de forraje ‘LAPETY’, sin olvidar el acceso a un jardín de invierno, permitiendo a los animales el acceso a la luz natural, y un suelo confortable tipo rejillas de plásticos.

WISIUM describe una experiencia de 3 años de pruebas, con cerca de 4000 conejos. Por el momento, la empresa no ha publicado los datos productivos ni comportamentales que permitan una evaluación objetiva de las ventajas y límites del sistema.

A pesar de la escasa información divulgada por las empresas, ambos conceptos demuestran el dinamismo, la creatividad y la reactividad de los profesionales de la cunicultura francesa frente a las nuevas exigencias del consumidor.

Sistema de engorde con acceso al exterior: la Mobi-Garenne INRAE

En el INRAE de Toulouse hemos intentado conjugar las facilidades de trabajo y de manejo del sistema de alojamiento en parques con los beneficios en términos de facilidad de expresión de los comportamientos específicos del conejo normalmente observables en los sistemas de crianza ecológicos (Figura 2).

La Mobi-Garenne integra una estructura ligera móvil de 30 m² (SAS DISTEL, 81340 Valence d'Albigeois, France), donde se han adaptado ocho parques de 2 m² cada uno (PARCLAP26; Chabeauti, 79330 Glénay, Francia), dispuestos de forma que permite el acceso de los animales a un prado cultivado. El conjunto ha sido pensado de forma que permita el desplazamiento de la nave a una nueva área de pastoreo entre dos bandas de producción, permitiendo al ganadero la correcta explotación de su pasto, evitando el contacto del nuevo grupo de animales con las deyecciones del grupo anterior. Tal movilidad contribuiría a la reducción de los riesgos sanitarios.



Figura 2. Mobi-Garenne. Izquierda, vista exterior de la nave, con los accesos al prado. Centro, detalle de acceso al prado. Derecha, vista interior de la nave, pasillos y parques con plataformas (8 parques de 2 m² cada). © INRAE / Crédito Fotos: M. Fétiveau & L. Fortun-Lamothe.

En nuestro primer experimento hemos estudiado dos factores: la densidad animal (25 o 50 conejos/parque) combinado con el acceso o no al exterior (prado de 23 m²). La densidad animal no ha afectado los parámetros productivos, tal como el acceso al prado. La velocidad de crecimiento ha sido inferior en los conejos teniendo acceso al exterior, de 26,7 g/día contra los 30,2 g/día en los conejos confinados ($P < 0,05$). La mortalidad ha sido ligeramente superior en el grupo de conejos con acceso al prado, 7,3% contra 2,7% en el grupo sin acceso ($P = 0,06$).

En lo relativo al bienestar animal, el comportamiento de los animales teniendo acceso al exterior ha sido, en su conjunto, distinto del comportamiento observado en los animales sin acceso al exterior (Figura 3.). En el pasto, los animales son más activos, moviéndose más que los animales en los parques (ver Fétiveau et al., 2021).

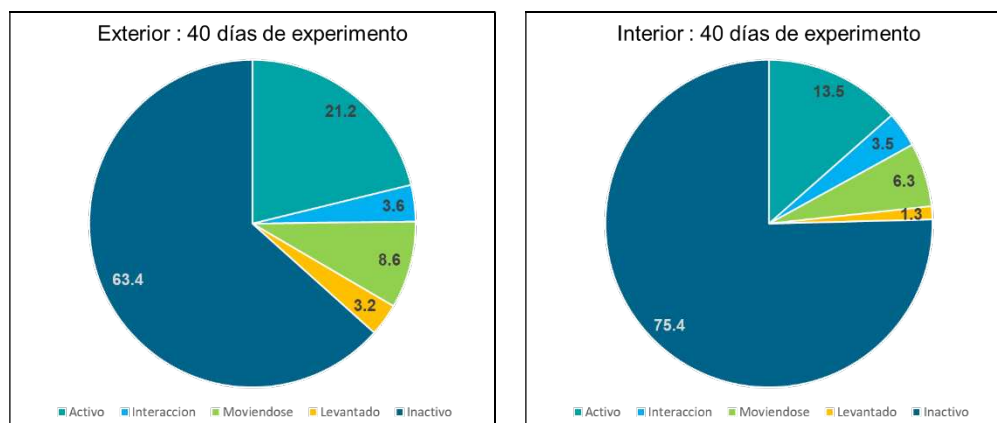


Figura 3. Porcentaje de los comportamientos observados en el interior de los parques (activo, interacción, moviéndose, levantado, inactivo) a los 40 días de experimento en el grupo de conejos teniendo acceso al exterior (izquierda) o exclusivamente confinados en el interior de la Mobi-Garenne (derecha).

Este primer experimento nos ha aportado mucha información práctica. En primer lugar, podemos citar la limitada ergonomía del sistema, puesto que los parques se encuentran al nivel del suelo. Hemos igualmente observado una rápida acumulación de deyecciones debajo de los parques necesitando la intervención de nuestros técnicos antes del desplazamiento de la nave, previsto al final del experimento. Este punto ha sido solucionado en los experimentos posteriores (el chasis de la Mobi-Garenne ha sido elevado, aumentando el espacio entre el suelo y el fondo de los parques). Otro aprendizaje de orden práctico consiste en la correcta elección e instalación del material para el cercado de los animales en el pasto. En nuestro primer experimento hemos utilizado una malla flexible para gallinas. Resultado, ciertos animales han encontrado una forma de atravesar la malla, agrupándose en otros dos recintos. Nuevamente, la ingeniosidad y la reactividad de nuestros técnicos de campo ha permitido identificar y solucionar rápidamente el problema. A pesar de los contratiempos con el cercado exterior, apenas un animal (de los 299 presentes) ha logrado fugarse. Gracias al sistema de doble cercado (eléctrico al exterior) y la presencia de una red anti-pájaros recubriendo toda la superficie exterior, no hemos observado depredación.

A fin de mejorar el sistema, hemos realizado una pequeña prueba en condiciones hibernales, con resultados de mortalidad catastróficos. De los 26 animales alojados 20 se han muerto de enteropatía. Las condiciones climáticas (viento y frío) y probablemente el genotipo utilizado (línea seleccionada exclusivamente por la velocidad de crecimiento) puedan explicar las pérdidas observadas. Necesitamos, sin embargo, la realización de pruebas con distintos genotipos para verificar la hipótesis de que las pérdidas observadas en invierno son debidas a la utilización de un genotipo inadecuado.

En nuestro más reciente estudio, donde hemos utilizado animales cruzados, de dos genotipos distintos, alojados entre marzo y mayo 2021, la tasa de mortalidad global ha sido inferior al 10% (Fetiveau et al., datos no publicados). Cabe resaltar que, aparte del genotipo y de la época del año (primavera), hemos mejorado substancialmente el control de las condiciones climáticas en el interior de la nave gracias a la instalación de túneles cortaviento al nivel de las puertas de acceso al pasto y lámparas infrarrojos sobre cada uno de los parques. La posibilidad de ajustar las condiciones ambientales y de disponer de una genética menos sensible son esenciales a los sistemas de crianza con acceso al aire libre.

Actualmente estamos trabajando con medidas de estrés (cortisol en el pelo), de parasitismo intestinal y de hematología en animales de distintos genotipos creados bajo este sistema. Estas medidas de estrés y salud vendrán a complementar las medidas zootécnicas y comportamentales, permitiendo la mejor caracterización del bienestar de los conejos alojados en este sistema.

Vista la nueva legislación que se nos presentará, y la presente preocupación con el impacto medioambiental de la ganadería, en el INRAE de Toulouse intentamos desarrollar sistemas de crianza de conejos complejos, donde los animales son parte de un ecosistema de producción de alimentos y servicios. Lo que nos lleva a pensar en otras posibilidades para la cunicultura.

Integración cultivo-cunicultura: los conejos y sus servicios al ecosistema

En Francia, una gran parte de los cunicultores ecológicos poseen otras actividades económicas. Son además de cunicultores, productores de cereales, de heno y/o de ganado rumiante. Son profesionales dinámicos que viven de la venta directa de sus productos al consumidor o al carnicero del pueblo. Se trata de un mercado de nicho, que no acaba de desarrollar todo su potencial. La demanda de carne de conejos ecológicos es superior a la oferta, con precios pudiendo alcanzar los 25 €/conejo, pagos al ganadero.

Vistas las exigencias de las normas de certificación, es difícil mantener una producción a lo largo del año. La prohibición de utilización de hormonas, la dificultad de aplicar un programa luminoso en el exterior y la estacionalidad en la producción del pasto impactan la fertilidad de los animales. Esta estacionalidad productiva natural impacta en el retorno económico de la actividad.

A pesar de la pausa productiva de los conejos en los sistemas ecológicos, los animales continúan interactuando con su medio de vida, modificando su entorno y alterando la composición botánica de los campos donde pastorean (Myers y Poole, 1963). Su innegable papel ecológico puede ser beneficioso a otros sistemas de producción, como en el caso de los sistemas de producción de frutos, como los manzanos, albaricoques, melocotones... En estos sistemas arborícolas, la presencia de conejos en primavera podría contribuir a mantener la hierba baja, reduciendo el trabajo y el consumo de carburantes necesarios para la siega. Serían además considerados como parte del ciclo de nutrientes, aprovechando la biomasa no valorizada, devolviendo al sistema inúmeros nutrientes presentes en sus deyecciones.

En el caso del manzano, la presencia de una cierta densidad de conejos a finales de otoño podría contribuir a reducir a la carga patogénica del pomar, puesto que los conejos pueden alimentarse de los frutos desclasificados (por cuestiones de forma o parasitados). Así siendo, pensamos que el trabajo de eliminación de estos frutos indeseados que nos aportarían los conejos contribuiría a limitar la incidencia de enfermedades y/o de parásitos en los frutos, favoreciendo la salud de los árboles y la productividad de los manzanos. Otras (innumerables) asociaciones son posibles, cada una presentando ciertos beneficios, tanto para las plantas como para los animales (los árboles producen parte del alimento, hacen sombra y sirven de escondrijo contra ciertos depredadores aéreos).

En el INRAE de Toulouse en conjunto con el Centro de Experimentación Integrada en Producciones Frutícolas (INRAE Domaine de Gotheron), estudiaremos un sistema de integración cultivo-cunicultura vía la introducción de conejos de engorde en un manzano. El proyecto se encuentra en su fase inicial. En esta primera fase, trabajamos en la construcción de dos sistemas de alojamientos a la vez aptos a la crianza de conejos en el exterior y a la estructura física del pomar (disposición espacial de los árboles). Nuestro primer estudio se ha centrado en dos tipos de alojamiento, basados en lo que se realiza en cunicultura ecológica: parques fijos o jaulas móviles (Figura 4). Visto que el respeto del comportamiento específico de los conejos es un parámetro de gran importancia en la justificación de la existencia de sistemas alternativos, hemos comparado el comportamiento de los conejos de engorde alojados en estos dos prototipos con el comportamiento de conejos alojados en las llamadas jaulas convencionales. Además del estudio comportamental, hemos controlado el peso vivo de los animales y su consumo de pienso entre los 43 y 71 días de vida.



Figura 4. Parque fijo de 16 m² y su abrigo (izquierda). Jaula móvil de 3 m² al suelo (centro y derecha). En ambos sistemas se han alojado 8 conejos a partir de los 42 días de vida.

© INRAE / Crédito Fotos: D. Savietto.

Hemos observado una velocidad de crecimiento inferior en el grupo de conejos alojados en el exterior, respecto a los animales en las jaulas convencionales (Figura 4A.), resultando en una diferencia de 420,5 g entre la jaula convencional y el parque fijo y de 483,6 g entre la jaula convencional y la jaula móvil a los 71 días ($P < 0.05$). Diferencias pudiendo ser explicadas por el consumo de pienso (Figura 4B) y la actividad física observada (Figura 5).

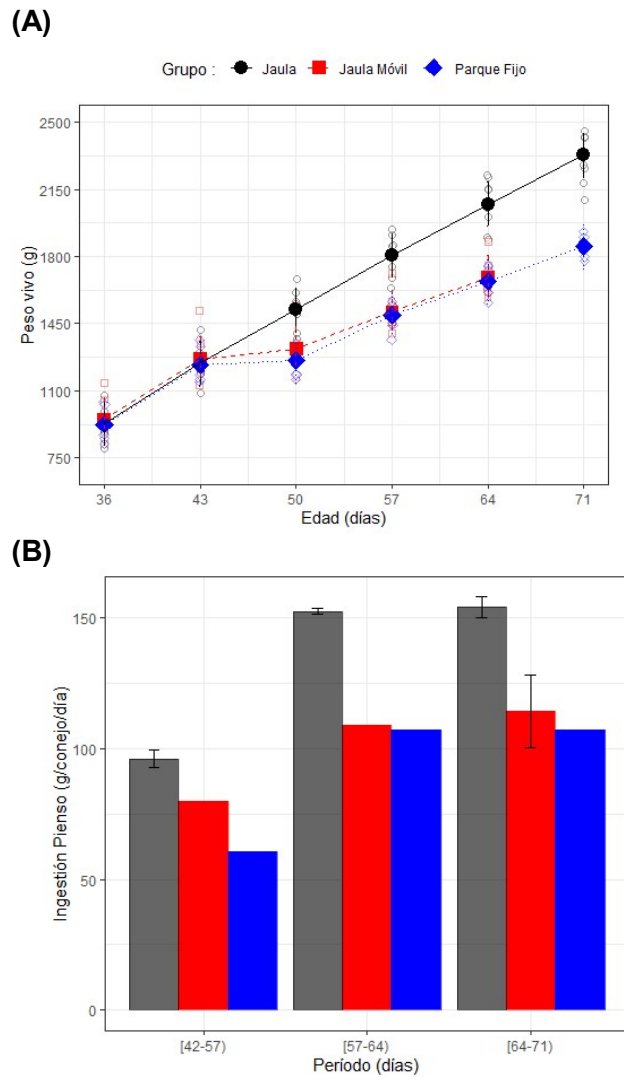


Figura 4. (A) Curva de crecimiento e (B) ingestión de pienso de conejos alojados en dos jaulas convencionales (8 conejos), en el parque fijo (8 conejos) y en la jaula móvil (8 conejos).

En lo relativo a la expresión de los distintos comportamientos específicos del conejo, observamos más frecuentemente los comportamientos “descanso” y “en contacto” entre los animales alojados en la jaula convencional. En la jaula móvil los animales han sido más activos que en la jaula convencional, pasando gran parte del tiempo de las observaciones ingiriendo hierba (Figura 5.). El comportamiento de los animales en el parque fijo no se ha diferenciado estadísticamente del observado en la jaula móvil.

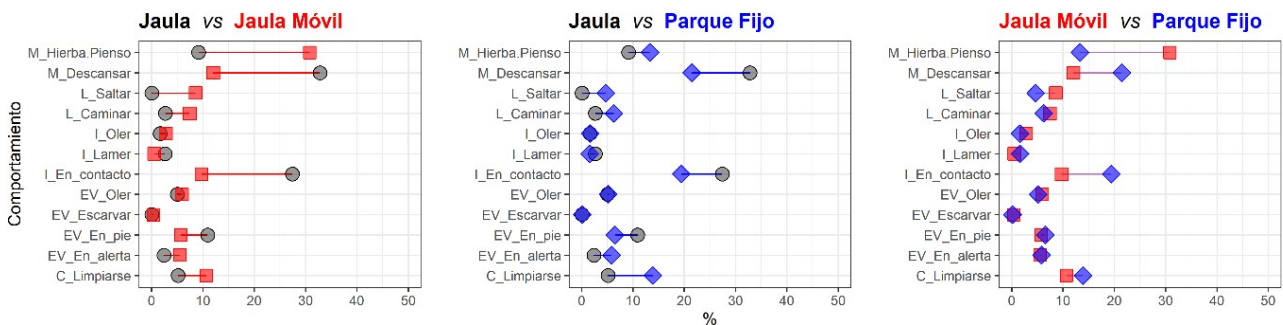


Figura 5. Gráficas de Cleveland. Comparación (en pares) de la frecuencia observada de los distintos comportamientos de conejos alojados en la jaula convencional (círculos negros), en la jaula móvil (cuadrados rojos) o en el parque fijo (rombos azules).

Cabe ahora verificar si los datos observados se confirman en las condiciones reales de la experimentación, cuando los conejos estarán en medio del pomar de manzanos. De todas formas, podemos concluir que los sistemas de alojamiento alternativos presentan, ciertas ventajas (repertorio comportamental más diverso) e inconvenientes frente al sistema de crianza denominado “convencional”, principalmente en lo referente a los parámetros productivos y control de bioseguridad. Hemos perdido el 100% de los animales de la jaula móvil en la última semana de experimentación debido a un brote de VHD-2 en nuestra estación experimental. Los animales no habían sido vacunados.

Desafíos y oportunidades en nutrición, genética, salud y bienestar de los animales bajo la emergencia de sistemas alternativos

Los sistemas de crianza en suelo o en parques pueden ser criticados por su falta de acceso al exterior, limitando la expresión del comportamiento de pastoreo. La introducción de forrajes verdes, heno o bloques de paja/alfalfa es una solución. Sin embargo, la adopción de tales prácticas implica el ajuste del programa alimentario y/o de las formulaciones. Así como en los sistemas orgánicos, el gran desafío de los sistemas con acceso al pasto consiste en conocer la capacidad y el comportamiento de ingestión del conejo en función de la composición botánica del prado. Estos conocimientos condicionarán ciertos componentes del sistema, como la densidad animal implementada y/o el tiempo de permanencia de los animales en la pradera. Así, conocer cómo este pequeño herbívoro ingiere la hierba a su disposición se nos presenta como el gran desafío en la nutrición de los conejos criados en los sistemas alternativos con acceso a la hierba. Sin este conocimiento, el aporte adecuado de los nutrientes se verá afectado, así como los rendimientos esperados.

Entre los desafíos y oportunidades que se presentan en mejora genética, podemos citar la selección en favor a la resistencia a las enfermedades (principalmente contra los parásitos intestinales) y la habilidad maternal (supervivencia en nido). Puntos críticos observados en los sistemas ecológicos. El uso de razas locales, que sean adaptadas a las condiciones de crianza al aire libre, y su cruce con las líneas comerciales de alto rendimiento son una posibilidad a explorar. Otros modos de organización de los programas de selección son igualmente necesarios, como por ejemplo la selección participativa.

En los sistemas de crianza del tipo parques en suelo, la utilización de antibióticos y el enriquecimiento de las condiciones de vida de los animales (plataformas, suelo adaptado al descanso y la presencia constante de heno, hierba verde y/o bloques de paja para “roer”) son elementos que se deberán de tener en cuenta. En los sistemas permitiendo el acceso al exterior, es necesaria la adopción de protocolos de profilaxis estrictos. La vacunación de animales jóvenes contra la mixomatosis y ambas variantes de la VHD (a partir de los 30 días de vida, al menos 10 días antes de que toquen hierba) es fuertemente recomendada. La crianza al exterior demanda una nueva organización del trabajo, de forma que permita que los protocolos de bioseguridad (higiene, desinfección y profilaxis) sean respetados al máximo.

La directiva europea (Directiva 98/58/CE) exige la adopción de medidas para evitar la depredación (cercados eléctricos, por ejemplo) y la protección de los animales contra los fenómenos meteorológicos extremos (fuerte calor, ventiscas, nevascas, tempestades, etc.), lo que implica la existencia de una zona de protección (abrigos y refugios) o de repliegue con capacidad de acoger, puntualmente, al 100% de los animales.

Puesto que la iniciativa ciudadana “*Pongamos fin a la era de las jaulas*” deberá ser traducida en derecho, con repercusiones aún desconocidas, el capítulo alojamiento sigue abierto. Nos corresponde a nosotros buscar soluciones que satisfagan las demandas del ciudadano europeo y que permitan la continuidad de la cunicultura europea.

En lo referente al impacto medioambiental de la ganadería, y en especial el de la cunicultura, hay mucho que hacer. Los trabajos en sostenibilidad en cunicultura son escasos.

Según Fortun-Lamothe et al. (2009), la sostenibilidad medioambiental de las granjas francesas (la llamada cunicultura convencional) es mediocre. Según estos autores, estos resultados se deben a la fuerte dependencia del sistema en términos energéticos, el uso masivo de antibióticos, a la baja biodiversidad del sistema y un reducido interés por el bienestar animal. Medenou et al. (2020) han caracterizado 98 granjas de conejos de las áreas urbanas y periurbanas en el sur del Benín, caracterizando su impacto económico, social y medioambiental. Estos autores han descrito que a pesar de una nota medioambiental similar entre las distintas categorías de granjas (policultivo extensivo moderno, monocultivo extensivo tradicional, monocultivo extensivo moderno, policultivo semi-intensivo y policultivo extensivo tradicional), el uso de recursos ha sido más eficaz en las granjas tipo policultivo extensivo tradicional. Estos resultados parecen justificar la búsqueda de sistemas de producción animal integrados a los cultivos y menos dependientes de los insumos de producción externos al sistema productivo.

Agradecimientos: Agradezco en especial Laurence Fortun-Lamothe por sus comentarios constructivos que tanto han enriquecido este texto. Agradezco igualmente la profesionalidad y la implicación de nuestro cuerpo técnico (A.M. Debrusse, C. Bannelier, C. Lille-Larroucau, C. Trainini, D. Labatut, F. Benitez, F. Richard, J.P. Bonnemere, M. Aletru, M. Despeyroux, M. Paccanelli, P. Aymard, S. Pujol, V. Helies, Y. Huang), así como los demás científicos (T. Gidenne, V. Fillon, S. Combes) implicados en los distintos proyectos permitiendo la realización de los estudios presentados. No puedo olvidar de citar la Unión Europea (FEDER-FSE Midi-Pyrénées et Garonne, n°17014721), la región Occitanie (Living Lab Rabbit project, n°2017-006701), el departamento PHASE de INRAE y al programa de investigación INRAE-METABIO por la ayuda económica, permitiendo la realización de estos estudios.

Bibliografía: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. 1998. *Directiva 98/58/CE del Consejo, de 20 de julio de 1998, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas*. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1998-81607> ■ Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. 2000. *Real Decreto 348/2000, de 10 de marzo, por el que se incorpora al ordenamiento jurídico la Directiva 98/58/CE, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2000/03/10/348/con> ■ Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. 2004. *Real Decreto 1547/2004, de 25 de junio, por el que se establecen normas de ordenación de las explotaciones cunícolas*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2004/06/25/1547/con> ■ Agencia Española de Seguridad Alimentaria. 2019. *Prevalencia de sobrepeso y obesidad en España en el informe “The heavy burden of obesity (OCDE 20219)” y en otras fuentes de datos*. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/nutricion/observatorio/Resumen_resultados_informe_OCD-NAOS.pdf ■ Combes S, Postollec G, Cauquil L, Gidenne T. 2010. Influence of cage or pen housing on carcass traits and meat quality of rabbit. *Animal* 4(2):295-302 <https://doi.org/10.1017/S1751731109991030> ■ Compassion in World Farming. 2019. Une avancée pour l'élevage de lapins. <https://www.ciwf.fr/actualites/2019/06/une-avancee-pour-lelevage-de-lapins> ■ Couturier C, Aubert PM, Duru M. 2021. *Vers des systèmes alimentaires durables et compatibles. Avec les objectifs de neutralité climatique: Enseignements d'une analyse comparée de scénarios*. https://solagro.org/images/imagesCK/files/publications/2021/Analyse_scenarios_2_Fevrier_2021-compresse_.pdf ■ Dalle Zotte A, Princz Z, Metzger Sz, Szabó A, Radnai I, Biró-Németh E, Orova Z, Szendrő Zs. 2009. Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 2. Carcass and meat quality. *Livest Sci* 122(1):39-47 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.021> ■ EAT-Lancet Commission. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet* 393(10170):447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4) ■ European Commission. 2017. Overview Report. Commercial rabbit farming in the European Union. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5029d977-387c-11e8-b5fe-01aa75ed71a1/language-en> ■ European Commission. 2021. *Questions and Answers: Commission's response to the European Citizens' Initiative on “End the Cage Age”*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_21_3298 ■ European Food Safety Agency. 2005. *Opinion of the Scientific Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) on a request from the Commission related to “The Impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits.”* <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2005.267> ■ European Food Safety Agency, 2020. *Health and welfare of rabbits farmed in different production systems*. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5944> ■ European Union. 2020. *EU Agricultural Outlook. For markets, income and environment 2020–2030*. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/agricultural-outlook-2020-report_en.pdf ■ Fétiveau M, Savietto D, Gidenne T, Pujol S, Aymard P, Fortun-lamothe L. 2021. Effect of access to outdoor grazing and stocking density on space and pasture use, behaviour, reactivity, and growth traits of weaned rabbits. *Animal* 15(9):100334

<https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100334> ■ Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 2006. *Livestock's long shadow*. <http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm> ■ Fortun-Lamothe L, Combes S, Gidenne T. 2009. Contribution of intensive rabbit breeding to sustainable development. A semi-quantitative analysis of the production in France. *World Rabbit Sci* 12(2):79-85 <https://doi.org/10.4995/wrs.2009.661> ■ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2020. *El cambio climático y la tierra. Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestres*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf ■ Harfeld JL. 2013. Animal welfare, consumer behaviour, and public policy. In: Röcklinsberg H., Sandin P. (eds) *The ethics of consumption*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 263-267. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-784-4_42 ■ JoAnna Klein for The New York Times, 2018. Give a cow a brush, and watch it scratch that itch. <https://www.nytimes.com/2018/08/08/science/cows-brush-grooming.html> ■ Martin RL. 2010. *The age of customer capitalism*. <https://hbr.org/2010/01/the-age-of-customer-capitalism> ■ Medenou EH, Koura BI, Dossa LH. 2020. Typology and sustainability assessment of rabbit farms in the urban and peri-urban areas of southern Benin (West Africa). *World Rabbit Sci* 28(4):207-219 <https://doi.org/10.4995/wrs.2020.13368> ■ Myers K, Poole W. 1963. A study of the biology of the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.), in confined populations IV. The effects of rabbit grazing on sown pastures. *J Ecol* 51(2):435-451. <https://doi.org/10.2307/2257695> ■ Nichols RG, Stevens LA. 1957. Listening to People. <https://hbr.org/1957/09/listening-to-people>. ■ Podberscek AL, Blackshaw JK, Beattie AW. 1991. The behaviour of group penned and individually caged laboratory rabbits. *Appl Anim Behav Sci* 28(4):353-363 [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90167-V](https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90167-V) ■ Porcher J. (07 septiembre 2019). *Relations de travail avec les animaux*. <https://jocelyneporcher.fr/travail-avec-les-animaux/> ■ Princz Z, Dalle Zotte A, Metzger Sz, Radnai I, Biró-Németh E, Orova Z, Szendrő Zs. 2009. Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 1. Live performance and health status. *Livest Sci* 121(1):86-91. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.05.018> ■ Taylor C. 2019. Do happier cows make for happier consumers? <https://www.forbes.com/sites/charlesrtaylor/2019/04/03/do-happier-cows-make-for-happier-consumers/> ■ Thøgersen J. 2021. Consumer behavior and climate change: consumers need considerable assistance. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42:9-14. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2021.02.008> ■ 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. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.05.035> ■ Unión Europea. 2020. *Reglamentos, directivas y otros actos legislativos*. https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_es ■ Xiccato G, Trocino A, Filiou E, Majolini D, Tazzoli M, Zuffellato A. 2013. Bicellular cage vs. collective pen housing for rabbits: Growth performance, carcass and meat quality. *Livest Sci* 155(2-3):407-414 <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.013>

Redes sociales en cunicultura. Una visión práctica

Social networks in rabbit farming. A practical view

Jesús LÓPEZ COLMENAREJO

Grupo Editorial Agrícola, 28013 Madrid, España.

*[*jlopez@editorialagricola.com](mailto:jlopez@editorialagricola.com)*

Resumen: Las redes sociales llegaron hace unos años a nuestras vidas y lo hicieron para para quedarse. Todos tenemos nuestra visión personal de estas nuevas vías de comunicación, aunque sea de forma personal. Se podrían denominar puntos de encuentro "ligeros", caracterizados por la presencia de pantallas entre dos interlocutores, lo que supone un hándicap para conseguir una comunicación eficiente. Las redes sociales han supuesto una democratización de la información. Este hecho cuenta a grandes rasgos con aspectos positivos (por ejemplo un mayor acceso a información de primera mano de alta calidad) y por supuesto negativos (proliferación de bulos e informaciones sesgadas). El sector cunícola, voluntaria e involuntariamente, está presente en las redes sociales. Usadas de forma proactiva son una herramienta muy útil para la comunicación interna del sector, una gran ventana a través de la cual comunicar rápidamente a productores, técnicos o administración información útil sobre la producción cunícola. Por otra parte también está la comunicación externa, hacia el consumidor, que se produce muchas veces de forma reactiva ya que en muchos casos es una comunicación de un "conocedor" a un consumidor final. Lamentablemente esta comunicación es la que más llama la atención y afecta a nuestro día a día. Temas como el bienestar animal o uso de antibióticos se ven sometidos al juicio de personas cuya vinculación con los animales de producción es nula o cuyo referente son los animales de compañía. Los retos son muchos pero no afrontarlos no es una opción.

Palabras clave: Internet, redes sociales, sociedad, comunicación.

Abstract: Social media came into our lives a few years ago and made it to stay. We all have our personal vision of these new ways of communication, even if it is personally. They could be called "light" meeting points, characterized by the presence of screens between two interlocutors, which is a handicap to achieve efficient communication. Social networks have meant a democratization of information. This fact has, broadly speaking, positive aspects (for example greater access to high-quality first-hand information) and of course negative (proliferation of hoaxes and biased information). The rabbit sector, voluntarily and involuntarily, is present in social networks. Used proactively, they are a very useful tool for internal communication of the sector, a great window through which to quickly communicate to producers, technicians or administration useful information about rabbit production. On the other hand there is also external communication, towards the consumer, which occurs many times reactively since in many cases it is a communication from a "connoisseur" to a final consumer. Unfortunately this communication is the one that most attracts attention and affects our day to day. Issues such as animal welfare or the use of antibiotics are subject to the judgment of people whose link with production animals is null or whose reference is companion animals. The challenges are many but not facing them is not an option.

Keywords: Internet, social network, society, communications.

Desarrollo de productos cárnicos de conejo. Nuevos formatos de comercialización

Development of rabbit meat products. New commercial formats

Raúl GRAU*

Dept. Tecnología de Alimentos, Universitat Politècnica de València, 46022 Valencia, España.

*[*rgraume@tal.upv.es](mailto:rgraume@tal.upv.es)*

Resumen: El descenso del consumo de carne, la recomendación media de consumo de carne semanal realizada por la FAO, OMS y AECOSAN, la retracción preocupante de consumo de carne de conejo, penalizada además por su falta de penetración en los estratos más jóvenes de la población, lo que dificulta su competitividad a medio y largo plazo, unido a las connotaciones negativas ligadas a la humanización del conejo y los recelos hacia el aspecto de la canal, definen un panorama poco alentador en el sector. Es por ello por lo que se necesita de una estrategia que impulse el consumo de esta. Esta podría venir dada por el desarrollo de nuevos productos cárnicos elaborados a partir de carne de conejo, dado que su presencia en las cadenas de distribución es prácticamente nula, siendo este tipo de productos los más consumidos junto con la carne de pollo. Para el desarrollo de productos cárnicos a partir de carne de conejo dos puntos deberían ser tenidos en cuenta. El desarrollo de máquinas deshuesadoras y la combinación de la carne de conejo con otras materias primas tanto de origen animal (carne de ave) como vegetal (leguminosas, espinacas, grasa vegetal, etc...). Estas acciones permitirían realizar una gran variedad de productos cárnicos, tanto frescos, como cocidos y curados, los cuales podrían ser competitivos en el mercado. Los productos frescos podrían venir dados tanto por la reconstrucción de filetes de carne mediante el uso de enzimas como la transglutaminasa, como por la elaboración de hamburguesas, salchichas frescas, etc. En el caso de los productos cocidos se podrían realizar productos como son los fiambres de cerdo y pavo, salchichas tipo Frankfurt, reestructurados horneados o cocidos en húmedo, etc. Finalmente, en el caso de los curados se podría elaborar fuet, salchichón, chorizos, etc. Si bien tecnológicamente el desarrollo de estos productos puede ser real, su posible presencia final en lineales de cadenas de distribución va a depender de otros factores de peso que también se deberán tener en cuenta.

Palabras clave: Productos cárnicos, deshuesado, carne reconstituida, cocidos, curados.

Abstract: Certain indicators give the rabbit meat sector a bleak outlook. Some of them are the decrease in meat consumption, the meat consumption recommendation made by FAO, WHO and AECOSAN and the descent in rabbit meat consumption, also penalized by its lack of penetration in the youngest population which difficult its competitiveness in the medium and long term. Therefore, strategy is needed to improve its consumption. This could be given by the development of new meat products made from rabbit meat, because its presence in the distribution chain practically non-exist, although meat products are the most consumed along with chicken meat. To develop meat products from rabbit meat two points should be considered. The development of deboning machines and the combination of rabbit meat with other raw material from animal origin (poultry) and vegetable origin (legumes, spinach, vegetable fat, etc ...). These actions would be possible to produce a great variety of meat products, as fresh, cooked and cured, which could be competitive in the market. Fresh meat products could be produced from the reconstruction of meat fillets employing enzymes such as transglutaminase, as well as hamburgers, fresh sausages, etc. In the case of cooked products, products such as "fiambre" of cooked ham, cooked sausages "Frankfurter", restructured meat baked or wet cooked, etc. Finally, in the case of cured meat products, cured sausages as salami, "salchichón", "chorizos", etc. could be developed. Although technologically the development of these products may be real, their possible final presence in distribution chain lines will depend on other factors which must be considered.

Keywords: Meat products, deboned, reconstituted meat, cooked meat, cured meat.

Introducción

El consumo de carne en los hogares españoles ha ido progresivamente decreciendo en la última década, si bien según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial para la Salud (OMS) este sigue siendo muy elevado. Así, la recomendación media de consumo de carne semanal debería ser de 2–3 veces por semana, lo que equivaldría a unos 400 gramos persona aproximadamente (AECOSAN, 2018). En cambio, según el informe de consumo alimentario en España en 2020, elaborado por Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, este fue de aproximadamente 1 kg persona/semana. Esta gran diferencia entre la recomendación y el consumo, unida a la tendencia decreciente ya observada conlleva a pensar que en los próximos años el consumo de carne seguirá descendiendo.

Esta caída en el consumo de carne podría generar importantes efectos negativos en el caso de la carne de conejo dada su pequeña cuota dentro del sector. Así, según los datos del Ministerio de 2020, de la totalidad de la carne fresca consumida (36,2 kg/persona y año), el 37,7% fue de carne de pollo, 30,2% de cerdo, siendo la de conejo del 2,6%. Pero, además, según publica el Ministerio en 2021, el consumo de carne de conejo viene sufriendo desde hace años una retracción preocupante, penalizada además por su falta de penetración en los estratos más jóvenes de la población, lo que dificulta su competitividad a medio y largo plazo. Muestra de ello es el bajo consumo per cápita de carne de conejo, que apenas supera el kg por habitante y año. A ello, además hay que añadir que de los aproximadamente 50 kg de carne por persona y año, 36,2 kg se consumen en fresco y en torno a 17 kg como carne transformada de la cual la presencia de carne de conejo es inexistente (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2020).

Dado que el consumo de carne recomendado por AECOSAN es muy bajo respecto al real, la estrategia para mantener e incluso incrementar el consumo de carne de conejo debería ir dirigida a fomentarlo frente al resto de carnes. Esta acción vendría dada por el desarrollo de productos cárnicos elaborados con carne de conejo, dado que la presencia de carne fresca ya está presente. Así, cuando se evalúa la presencia de carne de pavo o de conejo, en cualquiera de sus formatos, en la venta online de una empresa de distribución importante a nivel español, se obtiene datos muy reveladores. En el caso de la carne de pavo, la presencia de referencias es de aproximadamente 42, de las cuales unas 7 son en formato de carne fresca y las restantes 35 en forma de productos cárnicos (congelado 2, cocidos 18, curados 5 y otros 2). En el caso de la carne de conejo solo aparecen 9 referencias, todas ellas en formato de carne fresca.

El desarrollo de productos cárnicos a partir de carne de conejo implicaría una serie de ventajas entre las que se podría destacar:

- Incrementar la oferta y variabilidad de productos incidiendo en el perfil nutricional, sabor, aroma y gusto mediante la combinación con otros alimentos, que además podrían hacerlos económicamente más viables.
- Mayor conservación: Gran parte de estos productos presentan una fecha de caducidad más prolongada que la carne fresca lo que permite una mayor flexibilidad tanto al productor como al distribuidor, pero fundamentalmente al consumidor.
- Menor transformación: La mayoría de los productos elaborados no precisan, o precisan en poca medida, de transformación en el hogar lo que les hace más interesantes para el ritmo de vida de la sociedad actual.
- Eliminación de connotaciones negativas ligadas a la humanización del animal (animal dulce que aparece en cuentos y dibujos), pero también por los recelos hacia el aspecto de la canal en sus diferentes formatos de comercialización.

Desarrollo de productos

Deshuesado

El desarrollo de productos cárnicos está ligado a la obtención de la materia prima, es decir obtener carne de conejo separada del hueso. Esta operación puede realizarse manualmente mediante personal especializado o mecánicamente. El deshuesado mecánico o automático fue desarrollado como una alternativa al deshuesado manual para producir más eficientemente carne sin hueso y ahorrar mano de obra, así como en la mejora de las condiciones de trabajo. El uso de la automatización en el procesamiento de carne frente a la manual tiene muchos beneficios potenciales que pueden ser tangibles, intangibles, sociales o económicos como son: la calidad y consistencia de la producción, seguridad laboral y alimentaria, legislativas, así como la disminución de las dificultades para el control de operarios. Pero el desarrollo de máquinas deshuesadoras implica una gran tecnología dada la gran cantidad de variables implicadas en el proceso como son la heterogeneidad de la anatomía de las diferentes piezas animales a deshuesar, el tamaño de estas, la no presencia final de resto de huesos, eficacia, rentabilidad, problemas sanitarios, etc. Esta gran cantidad de variables hace que se tenga que desarrollar un equipo específico para cada tipo de pieza a deshuesar. Este factor hace que el desarrollo en general de equipos para el sector cunícola sea poco comparado con otros como el del vacuno, cerdo, pero fundamentalmente el de pollo, dado el poco peso de este en el sector.

Estos equipos mediante cortes y pequeñas presiones son capaces de separar parte de la carne del hueso manteniendo la integridad de la pieza muscular (Figura 1). Es importante diferenciar este tipo de equipos de aquellos utilizados para la obtención de carne separada mecánicamente (*“el producto obtenido extrayendo la carne de los huesos carnosos después del deshuesado, o de las canales de las aves, por medios mecánicos que ocasionan la pérdida o alteración de la estructura de la fibra muscular”*). Estos últimos pueden trabajar a baja presión, de los que se obtiene un producto similar en apariencia a la carne picada, o a alta presión, con los que se consigue un producto similar a una pasta. Pero la legislación vigente solo permite la elaboración de carne separada mecánicamente de porcino y aves con destino a la elaboración de productos cárnicos tratados térmicamente.



Figura 1. Carne deshuesada de muslo y contramuslo de pollo y de alita de pollo. (Mayekawa.com).

Productos cárnicos. Nuevos formatos

La mecanización del deshuesado facilitaría la aparición de nuevos formatos, tanto de carne fresca (piezas deshuesadas), como de productos frescos (filetes reconstruidos, hamburguesas, albóndigas, salchichas frescas, etc...), cocidos (fiambre de carne de conejo, salchichas tipo Frankfurt) e incluso curados (salchichón, chorizo, etc.). Gran parte de ellos además pueden elaborarse incorporándoles otras materias primas que mejoren el perfil nutricional de los mismos y reduzcan su precio, haciéndoles más competitivos. Estas materias primas podrían ser de origen animal (ave), o vegetal (leguminosas, espinacas, grasa vegetal, etc...).

Si bien en el presente documento se utilizan términos que generalmente se vienen utilizando en el sector, es importante remarcar que fruto de la gran variedad de productos cárnicos que se elaboran se han ido generando confusiones a la hora de conceptualizar o denominar legalmente a ciertos alimentos. A continuación, se detallan los conceptos que han sido objeto de regulación:

Carne fresca, según la definición del Reglamento 853/2004 se considera que es la “*Carne que no ha sido sometida a procesos de conservación distintos de la refrigeración, la congelación o la ultracongelación, incluida la carne envasada al vacío o envasada en atmósfera controlada*”.

Preparados de carne, según el Reglamento 853/2004, se considera a “*la carne fresca, incluida la carne que ha sido troceada, a la que se han añadido productos alimenticios, condimentos o aditivos, o que ha sido sometida a transformaciones que no bastan para alterar la estructura interna de la fibra muscular ni, por lo tanto, para eliminar las características de la carne fresca*”.

Productos cárnicos, de acuerdo con el Reglamento 853/2004 se refiere a “*los productos transformados resultantes de la transformación de la carne o de la nueva transformación de dichos productos transformados, de modo que la superficie de corte muestre que el producto ha dejado de poseer las características de la carne fresca*”.

Derivados cárnicos, “*son los productos alimenticios preparados total o parcialmente con carnes o menudencias de los animales citadas en el punto 1.1 del anexo I del Reglamento 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal y sometidos a operaciones específicas antes de su puesta al consumo.*”

Serán preparados o productos cárnicos según lo establecido en la normativa comunitaria de aplicación”, tal y como queda fijado en el Real Decreto 474/2014.”

Productos frescos (filetes reconstruidos, hamburguesas, albóndigas, salchichas frescas, etc.)

Carne fresca reconstruida

Los alimentos reestructurados son alimentos con aspecto bien definido e identificable, pero elaborados a partir de otros alimentos menos apreciados o aprovechando descartes, perfectamente nutritivos, como los trozos sobrantes del despiece o del fileteado de carne. Se consiguen así presentaciones atractivas en aspecto, sabor y precio. Estos reestructurados se logran utilizando el enzima transglutaminasa (Activa-EB) el cual fue utilizado y patentado por la empresa Ajinomoto C. Inc. (Tokio, Japón). Actualmente se usa en varios sectores como es el de la panadería y pastelería, lácteo, pescado y marisco, y el cárnico. En este último, en el desarrollo de hamburguesas, carne enlatada y carne fresca o congelada (Figura 2). Su procesado esencialmente se basa en la adición del enzima a carne troceada que tras un mezclado y posterior enmoldado (embutido) se produce la unión de ésta, bien en refrigeración o en congelación, obteniéndose una pieza que posteriormente puede ser cortada en filetes (Figura 2).

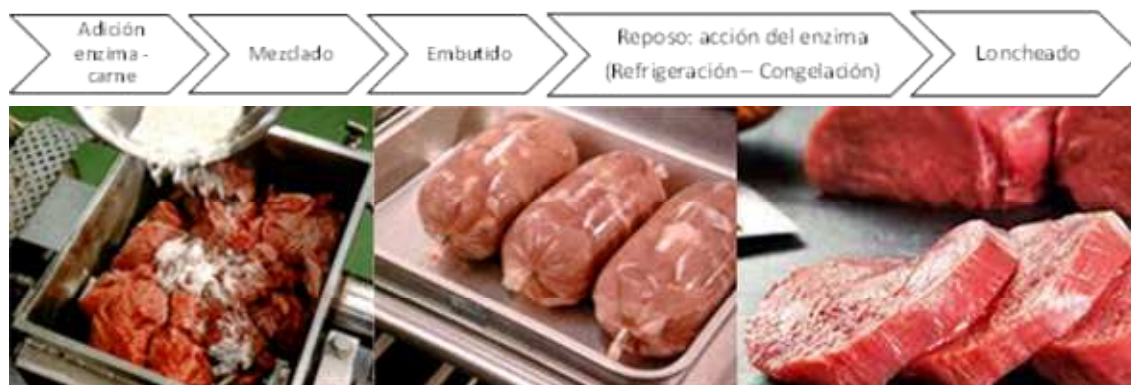


Figura 2. Carne reconstituida mediante el enzima transglutaminasa. (ajifoodsolutions.eu).

Productos cárnicos tratados por calor "Productos cocidos"

"Se entiende por derivados cárnicos tratados por el calor aquellos que, definidos en el artículo 3, letra a), son elaborados con carne, a la que se le puede añadir sangre, grasa o menudencias, que se han sometido en su fabricación a un tratamiento térmico suficiente para alcanzar, en su parte interna, una coagulación parcial o total de sus proteínas. Adicionalmente pueden ser sometidos a tratamientos de ahumado y maduración." (Reglamento 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004).

La gama de productos cocidos tal vez sea la más amplia dada la gran cantidad de formatos que se pueden dar, si bien el procesado entre ellos no tiene por qué distar en gran medida. Podemos definir dos grupos esencialmente; aquellos en los que identificamos porciones de carne en el producto final y aquellos en los que el producto final es una masa uniforme. Además, también se puede dar la existencia de un tercer grupo como unión de los dos anteriores.

A grandes rasgos, en el procesado del primer grupo, a la carne troceada se le añade una salmuera y mediante agitación en frío se logra que parte de las proteínas miofibrilares de la carne se disuelvan formando un limo, al mismo tiempo que la salmuera penetra en los trozos de carne. Una vez transcurrida esta etapa de masajeado, el conjunto es embutido y cocido. Durante la cocción, la proteína miofibrilar disuelta coagula formando un conglomerado cárnico que una vez frío es lo que denominamos por ejemplo fiambre de(Figura 3).



Figura 3. Procesado de pechuga de pavo.

En el segundo grupo, a la carne se le añade la salmuera, pero en este caso el conjunto es emulsionado (*cutterizado*) en frío (adición de agua o hielo) hasta conseguir una masa "*pasta fina*" que una vez embutida, cocida y fría la conocemos por ejemplo como salchicha tipo Frankfurt, mortadela o pechuga de..... (Figura 4).



Figura 4. Proceso elaboración emulsión cárnica (pechuga de pavo).

El tercer grupo es similar al segundo, pero en este caso, una vez obtenida la emulsión se le adiciona trozos de magro, mezclándose el conjunto y tras un reposo en frío, finalmente se embute, cuece y una vez frío lo conocemos como choped, pechuga de.... (Figura 5).

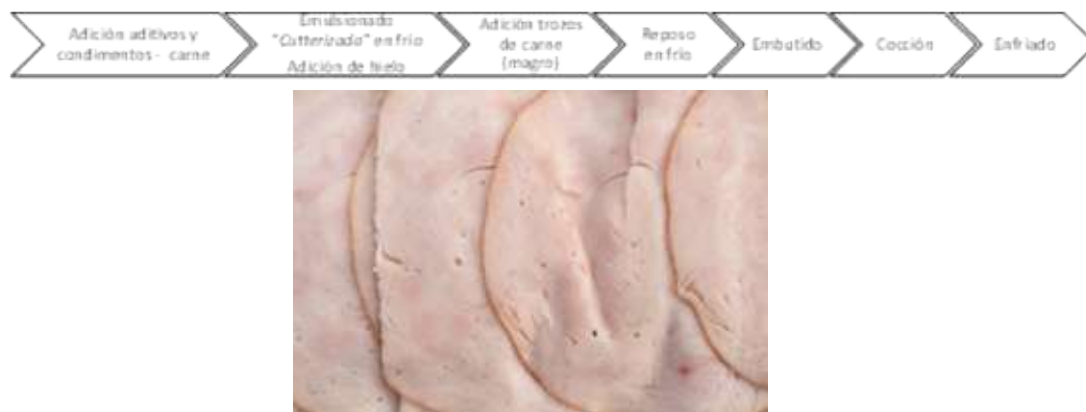


Figura 5. Procesado de pechuga de pavo.

Finalmente, en el grupo de productos cocidos también deberíamos incluir aquellos productos que en el caso del conejo se obtendrían utilizando la técnica descrita para el desarrollo de la carne fresca reconstituida, pero que posteriormente tendrían un proceso de cocción el cual podría realizarse en seco (horneado) (Figura 6) o en húmedo.



Figura 6. Simulación de procesado de carne reconstituida y horneada.

Productos curados (Fuet, salchichón, chorizo, ...)

“Productos sometidos a un proceso de salazón y de curado-maduración, suficiente para conferirles las características organolépticas propias y de estabilidad a temperatura ambiente. Pueden someterse opcionalmente a ahumado.” (Reglamento 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004).

Dentro de este grupo, los productos que podrían tener cabida por su proceso de elaboración serían aquellos similares al salchichón y chorizo. En su procesado a la carne picada se le adicionan las sales de curado, mezclándose el conjunto. Posteriormente se embuten en tripas y tras un proceso de fermentación se curan hasta alcanzar la pérdida de peso que marcará el final de procesado.

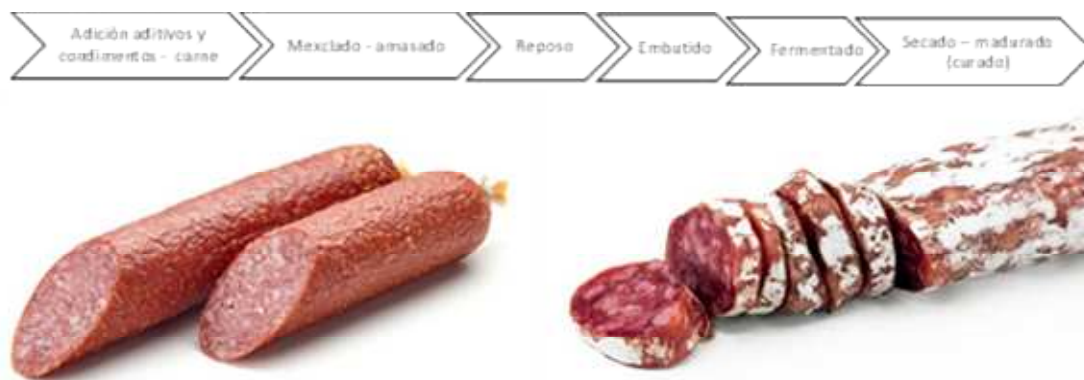


Figura 7. Proceso de elaboración de productos crudo-curado fermentado.

Finalmente es importante remarcar que, si bien tecnológicamente el desarrollo de todos estos productos puede ser real, su posible presencia final en lineales de cadenas de distribución va a depender de otros factores de peso los cuales también se deberán tener en cuenta.

Bibliografía: AECOSAN. 2018. La AECOSAN aconseja mantener las recomendaciones de salud pública sobre el consumo moderado de carne. https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/noticias_y_actualizaciones/temas_de_interes/carne.htm (Día de consulta, septiembre de 2021). ■ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2020. Informe del consumo alimentario en España 2020. ■ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2021. El Sector cunícola en cifras. Principales indicadores económicos. Dirección general de producciones y mercados agrarios. Subdirección general de producciones ganaderas y cinegéticas. Julio de 2021.

Comunicaciones

Comparación de los caracteres productivos de tres líneas de macho terminal seleccionadas por eficiencia alimentaria

Productive parameters in three paternal rabbit lines selected for feed efficiency

Pascual M^{1*}, Piles M¹, Perucho O², Alsina P¹, Sánchez JP¹

¹Programa de Genética y Mejora Animal, IRTA, Torre Marimón, 08140 Caldes de Montbui, España.

²Programa de Infraestructuras Experimentales del Área de Producción Animal, IRTA, Torre Marimón, 08140 Caldes de Montbui, España.

*mariam.pascual@irta.es

Resumen: El trabajo analiza los caracteres productivos de tres líneas de conejo de carne seleccionadas durante cinco generaciones para mejorar la eficiencia alimentaria en el engorde de gazapos alojados en grupo siguiendo tres criterios de selección diferentes: línea GRP, seleccionada por bajo consumo de pienso residual del grupo de animales que comparten la jaula; línea RFI, seleccionada por bajo consumo residual del individuo; y línea ADGR, seleccionada por alto crecimiento bajo condiciones de restricción alimentaria. Las jaulas colectivas en que se cría la línea GRP disponen de un comedero convencional, mientras que las jaulas colectivas de las líneas RFI y ADGR disponen de un comedero electrónico desarrollado por el IRTA y que permite el control del consumo individual de conejos alojados en grupo. Se muestra la evolución de los registros obtenidos en las tres líneas durante las cinco generaciones para ganancia media diaria (GMD) y consumo medio de pienso diario (CMD). Se compara además la GMD, CMD e índice de conversión (IC) de las tres líneas en un experimento en que los animales son alimentados *ad libitum* con comederos convencionales, y otro similar en el que se utilizan comederos electrónicos. El primer experimento muestra mayor GMD en la línea ADGR que en las otras dos líneas (ADGR: 58,6; vs. GRP: 54,4 y RFI: 55,8 g/d). La ADGR mostró también mayor CMD (175 g/d), seguida de RFI (166 g/d) y por último la GRP (156 g/d). No se observaron diferencias significativas entre líneas para IC (ADGR: 3,00; GRP: 2,9 y RFI: 3,02 g/g), posiblemente debido a un insuficiente tamaño muestral. Es necesario realizar más estudios con mayor número de datos y comparando con una población control no seleccionada para estimar de forma precisa el éxito en la selección.

Palabras clave: Conejo, consumo, crecimiento, eficiencia alimentaria.

Abstract: The productive performance of three rabbit lines selected for increasing feed efficiency at growing of animals in group is evaluated. Lines come from a common genetic origin and differ in the selection strategy implemented. All animals were housed in collective cages in the same farm. Line GRP, was selected by low residual feed intake of the group; line RFI, was selected by low individual residual feed intake; and line ADGR, was selected by high individual growth under feed restriction. Conventional feeders were used for animals in GRP line whereas electronic feeders, developed at IRTA which allow recording individual feed intake in rabbits in groups, were used for animals from lines RFI and ADGR. The evolution of the data recorded along the five generations for average daily gain (ADG) and average feed intake (AFI) is shown. The productive traits of the three lines under *ad libitum* feeding are also compared in the fifth generation of selection using cages with conventional feeders (experiment 1) or electronic feeders (experiment 2). The results obtained with the conventional feeders show that line ADGR had greater ADG than the other lines (ADGR: 58.6; vs. GRP: 54.4, and RFI: 55.8 g/d). Line ADGR had also the highest AFI (175 g/d), followed by RFI (166 g/d) and finally GRP (156 g/d). No statistical differences between lines in feed conversion rate were found (ADGR: 3.00; GRP: 2.9; RFI: 3.02 g/g) due probably to an insufficient number of data, as feed intake was measured at cage level. More studies with higher sample size and comparing performance of the selected lines with that of an unselected control population are required to test the response to selection.

Keywords: Feed intake, feed efficiency, growth rate, rabbit.

Introducción

La eficiencia alimentaria en conejo de carne es uno de los principales objetivos de selección debido a su elevada importancia económica (Cartuche et al., 2014) y a su impacto sobre el medio ambiente. La eficiencia alimentaria del animal se mide normalmente relacionando el consumo de pienso y el incremento de peso del animal en un periodo de tiempo determinado. La medida del consumo de pienso es costosa desde el punto de vista de tiempo y mano de obra. Además, el conejo se aloja en grupo durante el engorde, dificultando la medición del consumo de pienso de forma individualizada. Es por ello que normalmente se ha utilizado el crecimiento como criterio de selección para mejorar indirectamente la eficiencia alimentaria, ya que existe una correlación genética entre eficiencia alimentaria y velocidad de crecimiento. Sin embargo, este método de selección podría ser poco eficiente ya que estimas de esta correlación obtenidas con unos diseños experimentales y métodos de análisis estadístico avanzados apuntan a valores mucho más bajos de los estimados anteriormente (Piles et al., 2017). En algunos experimentos se ha medido el consumo de los animales para poder seleccionar por eficiencia alimentaria estimando el consumo de cada animal bien como el consumo medio de animales alojados en jaulas colectivas (Piles y Sánchez, 2019), bien como el consumo de pienso de cada animal alojado en jaulas individuales (Drouilhet et al., 2013). El primer método tiene el inconveniente de que se necesitan datos de muchas jaulas para estimar de manera precisa los parámetros de selección. El segundo tiene el inconveniente de que tanto el consumo como el crecimiento del animal en una jaula individual varían con respecto a los que tendría en una colectiva por no estar éste sujeto a interacciones sociales. Ante esta situación, el IRTA ha desarrollado en el marco de los proyectos Feed-a-Gene, Genef, Genef2, un comedero electrónico que permite medir del consumo individual en conejos alojados en grupo. El funcionamiento del comedero está descrito en Sánchez et al. (2018 y 2019).

Como se ha mencionado en el párrafo anterior, el consumo del animal alojado en jaula colectiva no depende únicamente del propio animal sino también del comportamiento del resto de los animales en el interior de la jaula. Es importante no sólo que un animal sea eficiente, sino que además permita que el resto de los animales de la jaula también lo sean, especialmente cuando los animales están sometidos a restricción alimentaria. La eficiencia alimentaria teniendo en cuenta las interacciones sociales puede seleccionarse siguiendo diferentes criterios de selección. En el IRTA, en el marco de los proyectos mencionados, se han seleccionado tres poblaciones para mejorar eficiencia alimentaria durante cinco generaciones siguiendo diferentes criterios de selección (Sánchez et al., 2019).

Los objetivos del presente trabajo son: i) Mostrar la evolución del crecimiento y el consumo durante el engorde de los animales de estas tres líneas a lo largo del proceso de selección, en las condiciones de alojamiento y manejo correspondientes a cada una de ellas; ii) Comparar el valor de estos mismos caracteres y de la eficiencia alimentaria en los animales de la última generación de selección de cada línea.

Material y métodos

Las líneas de selección por eficiencia se desarrollaron partiendo de la línea Caldes (Gómez et al., 2002), creada por el IRTA en 1985, seleccionada por caracteres reproductivos y de crecimiento hasta 1992, y velocidad de crecimiento entre los 32 y 60 días de vida posteriormente. En 2016, y tras tres generaciones de reproducción al azar, se tomaron animales de esta línea para formar tres nuevas líneas de selección para la mejora de la eficiencia siguiendo tres estrategias distintas que tienen en cuenta las interacciones sociales. La línea GRP se selecciona para reducir el consumo de pienso residual del conjunto de animales en la jaula; la línea RFI se selecciona para reducir el consumo de pienso residual individual; y la línea ADGR se selecciona para incrementar el crecimiento individual de los gazapos bajo restricción alimentaria. El manejo reproductivo y de selección de las líneas está descrito en Sánchez et al. (2019). En la quinta generación de selección se evaluó el crecimiento, el consumo y el índice de conversión de las tres líneas durante el engorde llevado a cabo en las mismas condiciones de alimentación y manejo y con animales coetáneos. Para ello se realizaron dos experimentos: Experimento 1: Durante dos

lotes, los animales de las líneas se destetaron (35 y 38 días de vida, respectivamente), y se alojaron en jaulas colectivas con comedero convencional y alimentación *ad libitum*. Se utilizaron un total de 96 jaulas por lote (128 animales por lote y línea). El periodo de control fue de los 35 a 57 días de vida en el primer lote, y de los 38 a los 58 en el segundo. Los animales se pesaron al inicio y final del periodo de control, y se midió el consumo de pienso por jaula durante todo este periodo. **Experimento 2:** En otros dos lotes de producción, los animales de las tres líneas se destetaron a los 38 días de vida y se alojaron en jaulas con comedero electrónico que les proporcionó pienso *ad libitum* durante todo el periodo de control (de 42 a 60 días de vida) y permitió medir el consumo de manera individual. Los animales se pesaron al inicio y final del periodo de control. Dentro de cada experimento, el efecto de la línea sobre la ganancia media diaria (GMD), el consumo de pienso medio diario (CMD) y el índice de conversión (IC; calculado como kg de pienso consumido por cada kg de peso vivo incrementado) se estimó usando un modelo lineal que incluyó el efecto de línea (3 líneas; GRP, RFI y ADGR) y el de lote (2 niveles; 1 y 2).

Resultados y discusión

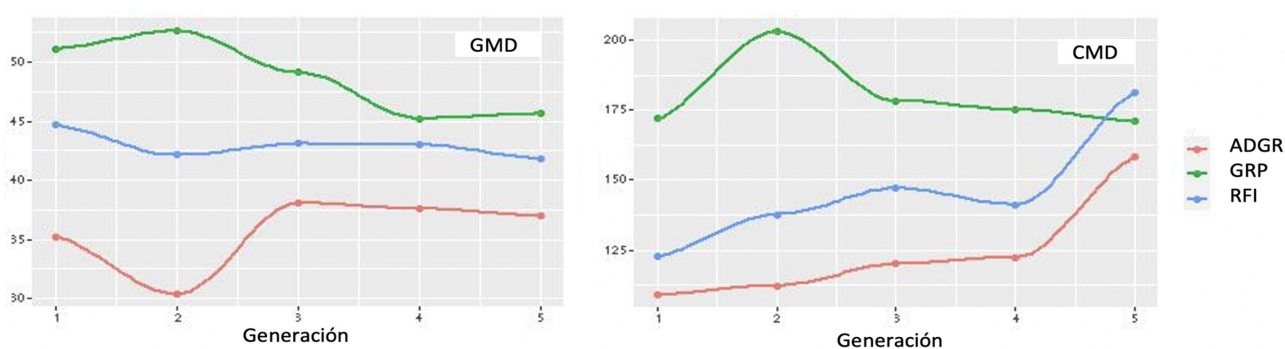


Figura 1. Evolución de la ganancia media diaria (GMD) y consumo medio diario (CMD) por generación en las tres líneas seleccionadas por eficiencia alimentaria. El CMD se registró por jaula en la línea GRP y mediante comedero electrónico de control de ingestión individual en las líneas RFI y ADGR.

Las medias fenotípicas recogidas a lo largo de las cinco generaciones en las tres líneas se muestran en la Figura 1. A lo largo de la selección, la línea GRP estuvo consumiendo pienso *ad libitum* en comederos convencionales, RFI estuvo consumiendo pienso *ad libitum* en comederos electrónicos, y ADGR estuvo bajo restricción alimentaria (el comedero no proporcionaba pienso entre las 6am y 6pm). Hay que tener en cuenta que el acceso al comedero electrónico se realiza a través de un túnel que asegura que únicamente accede al pienso un conejo al mismo tiempo. La mayor dificultad de acceso al comedero y la posición del animal mientras come en el dispositivo podría modificar el comportamiento alimentario de los animales y causar una reducción en su consumo. Por ello, se ha de considerar que las líneas RFI y ADGR podrían haber estado sometidas a una cierta restricción alimentaria provocada por esto. Se ha de indicar además que, a lo largo de las diferentes generaciones se han realizado diferentes modificaciones en el dispositivo y en el software que registra el consumo individual para mejorar la calidad del registro, por lo que las diferencias en consumo dentro de línea en las líneas RFI y ADGR serían debidas no sólo al efecto de la selección sino también a los cambios realizados en el software. Por ejemplo, durante las primeras cuatro generaciones, las visitas al comedero en las que el dato de ingestión era considerado erróneo por cualquier razón eran eliminadas. Sin embargo, en la generación cinco el programa se modificó y la ingestión de estas visitas se predice y contabiliza. Este cambio es el que habría provocado que el consumo de las líneas RFI y ADGR mostrado en la Figura 1 se haya incrementado en la última generación y muestre valores más cercanos al mostrado por la línea GRP. Teniendo en cuenta todos estos factores, podemos observar en la Figura 1 que la línea ADGR consumió de media a lo largo de las cinco generaciones un 85% menos que la línea RFI (124 g/d vs. 146 g/d, respectivamente) debido al efecto de la restricción de la línea ADGR, aunque se ha de resaltar que también podría haber un cierto efecto de la propia selección. La GMD se vio igualmente afectada, mostrando, por ejemplo, en la generación 4, 5,5 g/d menos en ADGR que en

RFI. Las diferencias en consumo entre la GRP y la RFI durante las cuatro primeras generaciones podrían deberse al efecto de la selección, pero también, como ya se ha señalado, a un menor consumo por parte de los animales de RFI debido al acceso al comedero a través del túnel o incluso simplemente debido a los errores de cálculo del pienso consumido en la línea RFI. El incremento en la quinta generación a niveles similares a la línea GRP podría indicar que el principal factor que motivaba las diferencias en generaciones anteriores eran los errores de estimación del consumo de pienso de la línea RFI. Sin embargo, no se ha de descartar la posibilidad de que los animales de la línea RFI hayan estado sometidos a una restricción, ya que el crecimiento de la RFI respecto a la GRP ha sido menor, mostrando diferencias que variaban entre los 2,5 y los 6,0 g/d. Los errores que pudiera haber en el registro del consumo, o las diferencias en este registro entre los sucesivos lotes, si bien no son deseables, creemos que pudieran tener un efecto menor en el proceso de selección: i) las decisiones de selección siempre se toman dentro de lote, ii) los errores que pudiera haber serán aleatorios y habrán afectado por igual a todos los individuos del lote.

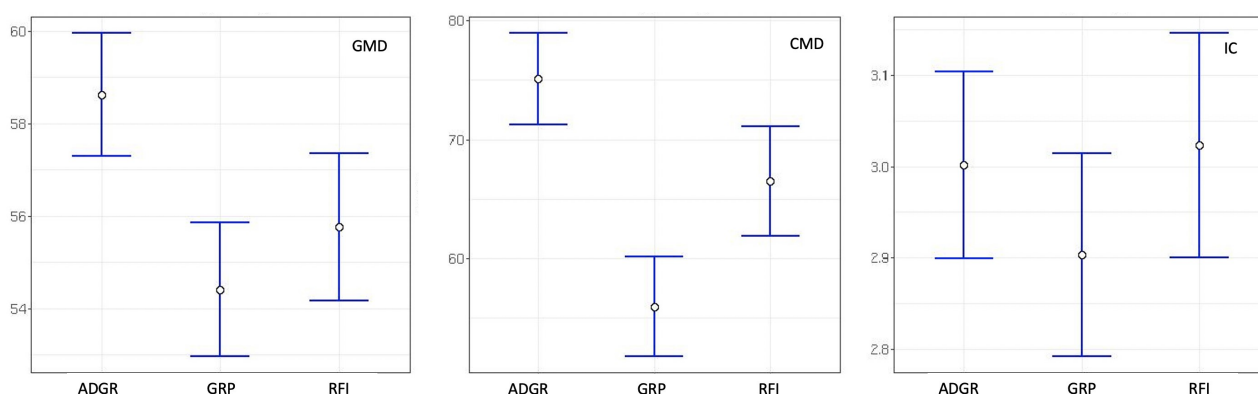


Figura 2. Ganancia media diaria (GMD), consumo medio diario (CMD) e índice de conversión (IC) tras cinco generaciones de selección de las tres líneas seleccionadas por eficiencia alimentaria, utilizando comederos convencionales en las tres líneas.

Las medias mínimo cuadráticas de GMD, CMD e IC obtenidas en las tres líneas en la quinta generación de selección, en dos lotes en los que los animales de las tres líneas se alimentaron *ad libitum* utilizando comederos convencionales (experimento 1) se muestran en la Figura 2. Los resultados indican que los animales de la línea ADGR tuvieron mayor GMD que los animales de las líneas GRP y RFI (58,6 g/d vs 54,4 y 55,8 g/d, respectivamente). Las tres líneas difirieron en consumo diario de pienso. Así, el consumo más alto fue el de la línea ADGR (175 g/d), y el menor el de GRP (156 g/d), mostrando RFI un valor intermedio (166 g/d). No se encontraron, sin embargo, diferencias significativas en IC, esto es, eficiencia alimentaria, entre las tres líneas. Se debe destacar, sin embargo, que las diferencias en los valores medios obtenidos en las líneas ADGR y RFI (3,00 y 3,02) y la línea GRP (2,9) son relevantes, ya que una diferencia de 0,1 en índice de conversión supone 3% de la media (aproximadamente 3,0). La falta de diferencias significativas podría deberse al reducido tamaño muestral, dado que el consumo se mide por jaula. Es necesario, por tanto, confirmar esta tendencia en un estudio con mayor número de datos.

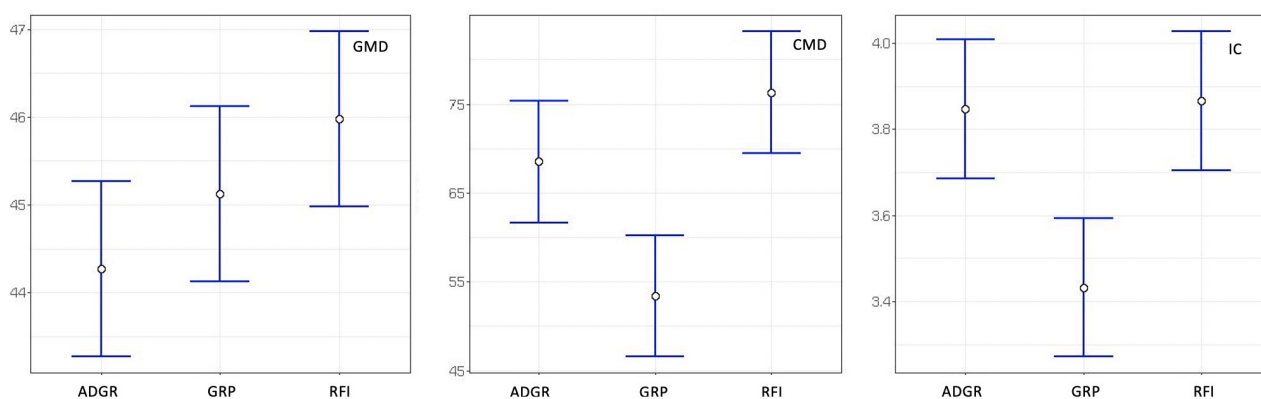


Figura 3. Ganancia media diaria (GMD), consumo medio diario (CMD) e índice de conversión (IC) tras cinco generaciones de selección de las tres líneas seleccionadas por eficiencia alimentaria, utilizando comederos electrónicos de registro de consumo de pienso individual en las tres líneas.

Cuando la comparación entre líneas se realizó utilizando comederos electrónicos (experimento 2; Figura 3) los resultados obtenidos fueron diferentes a los observados al utilizar comederos convencionales (experimento 1). Cabe destacar, sin embargo, que estas diferencias con respecto al experimento 1 podrían deberse tanto al efecto comedero como al efecto del lote, ya que se trata de experimentos realizados en lotes distintos. Al usar los comederos electrónicos, los grupos no difirieron en crecimiento. Sin embargo, el consumo y el IC fueron más bajos en la línea GRP que en las otras dos. No obstante, se ha de indicar que los valores de IC observados en las líneas alimentadas con los comederos electrónicos fueron especialmente altos (3,4 (GRP) vs 3,8 (ADGR and RFI)); esto podría deberse a la sobreestimación del pienso consumido asociada a la predicción del pienso consumido en aquellas visitas al comedero que dan valores anormales.

En conclusión, los resultados obtenidos indican que, a pesar de las dificultades para registrar el consumo individual de animales alojados en grupo, puede haber diferencias claramente relevantes entre líneas en relación a los caracteres productivos estudiados, y estas diferencias podrían atribuirse, al menos parcialmente, al propio proceso de selección. Se hace necesario, por tanto, realizar experimentos con un mayor tamaño muestral e incluyendo en ellos una población control formada con animales no seleccionados con lo que se estimaría de manera precisa la respuesta a la selección. La población control se establecería con descendientes de los animales procedentes de embriones congelados en la generación previa al inicio de los procesos de selección.

Agradecimientos: Este trabajo contiene resultados obtenidos en los proyectos Feed-a-Gene, Genef (RTA2014-00015-C02) y Genef2 (RTI2018-097610-R-I00).

Bibliografía: Cartuche L, Pascual M, Gómez EA, Blasco A. 2014. Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Sci* 22:165-177. ■ Drouilhet L, Gilbert H, Balmisse E, Ruesche J, Tircazes A, Larzul C, Garreau H. 2013. Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. *J Anim Sci* 91:3121-3128. ■ Gómez EA, Rafel O, Ramón J. 2002. The Caldes strain (Spain). *Opt Méd: Série B* 38:193-198. ■ Piles M, David I, Ramon J, Canario L, Rafel O, Pascual M, Ragab M, Sánchez JP. 2017. Interaction of direct and social genetic effects with feeding regime in growing rabbits. *Gen Sel Evol* 49(1):58. ■ Piles M, Sánchez JP. 2019. Use of group records of feed intake to select for feed efficiency in rabbit. *J Anim Breed Genet* 136:474-483. ■ Sánchez JP, Pascual M, Perucho O, Piles M. 2019. Selección para mejorar la eficiencia alimentaria de gazapos alojados en grupo usando comederos electrónicos. En: *44 Symposium de Cunicultura*. Aranda del Duero, España, pp. 93-98. ■ 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: *43 Symposium de Cunicultura*. Calamocha, España, pp. 125-129.

Efeitos do sexo do animal e de uma restrição alimentar sobre as características da carcaça e digestivas de coelhos no final do período de engorda

Effects of animal sex and a feed restriction on the carcass and digestive tract characteristics of rabbits at the end of the fattening period

Ribeiro J¹, Andrade E¹, Monteiro D², Pinheiro V^{2*}

¹Alunos de Doutoramento em Ciência Animal da UTAD.

²Professores do Departamento de Zootecnia da UTAD, Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal.

*vpinheir@utad.pt

Resumo: O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do sexo e de uma restrição alimentar moderada, nas características de carcaça e no desenvolvimento das vísceras em coelhos sujeitos a uma engorda prolongada e tendo em vista a transformação da carcaça. O estudo foi realizado no sector de cunicultura da UTAD, Portugal. Foram utilizados 24 coelhos (12 machos e 12 fêmeas) da raça Nova Zelândia Branca x Californiana, que foram controlados entre 62 e 86 dias de idade. Os coelhos foram alojados individualmente e distribuídos de acordo com o sexo, aleatoriamente entre os dois tratamentos; um com alimentação à vontade (grupo *ad libitum*) e outro com alimentação a 80% do grupo *ad libitum* (grupo restringido). Aos 86 dias de idade, dez animais de cada tratamento foram abatidos e processados para avaliação das características de carcaça e do tracto digestivo. A restrição alimentar aumentou significativamente ($P < 0,05$) o peso percentual do fígado (+ 14%) e o teor de matéria seca do ceco (+ 17%) e diminuiu a proporção de gordura total na carcaça (redução de 29%, de 1,87 a 1,33 g/kg PV). O sexo do animal também influenciou significativamente alguns parâmetros sendo que os machos apresentaram um aumento do peso ao abate (+ 167g), do peso muscular da perna (+13,2 g; + 7%) e da parte anterior (22,7 vs. 24,6%) e uma diminuição do peso da cabeça e fígado. De acordo com os resultados obtidos, podemos apontar que nas condições em que o teste foi realizado, a restrição alimentar pode ter alguma influência na transformação da carcaça, pelo efeito na diminuição do teor de gordura total.

Palavras-chave: Coelhos, carcaça, restrição alimentar.

Abstract: The aim of the present study is to evaluate the effect of gender and a moderate feed restriction on carcass characteristics and development of the viscera in rabbits, subjected to prolonged fattening and with a view to processing the carcass. The study was conducted in the rabbit sector of the University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal. In the experiment, 24 rabbits (12 male and 12 female) of the New Zealand x Californian breed were used, which were controlled between 62 and 86 days of age. The rabbits were individually housed and randomly distributed between the two treatments, one with feeding at will (*ad libitum* group) and the other feeding at 80% level (restricted group). During the trial, commercial pelletized feed was provided to the animals. At the end of the experiment, ten animals of each treatment were slaughtered to evaluate the development of the digestive tract and carcass characteristics. The feed restriction significantly increased ($P < 0.05$) the percentage weight of the liver (+ 14 %) and the dry matter content of the caecum (+17%) and decreased the proportion of total fat in the carcass (reduction from 29%, from 1.87 to 1.33 g/kg LW). The gender of the animal also significantly influenced some parameters ($P < 0.05$). In males, there was an increase in the slaughter weight (+ 167g), the muscle weight of hind leg (+13.2 g; + 7%) and the fore part of the carcass (22.7 vs. 24.6%) and decrease the head and liver weight. According to the results obtained, we can point out that under the conditions in which the test was performed, the dietary restriction increases the liver weight and decreases the content of fat in the carcass.

Keywords: Rabbits, carcass, feed restriction.

Introdução

A alimentação dos animais representa um custo de produção elevado que interessa reduzir e ajustar para produzir com mais eficiência e ter proveitos económico e ambientais. Surge assim a necessidade de ampliar a utilização digestiva e de definir dietas e estratégias alimentares para uma produção mais racional e eficiente (Faria et al., 2008). É sabido que as particularidades nos animais originam-se de efeitos genéticos e outros que se irão expressar na qualidade da carcaça e da carne produzida. Dessa forma, é muito importante a escolha da raça ou linhagem, alimentação fornecida, peso e idade ao abate, pois os mesmos podem interferir tanto na formação da carcaça, quanto nas características da carne (Sousa, 2018).

O uso de carcaças mais pesadas pode ser vantajoso quando se deseja usar a carne resultante para o fabrico de produtos processados, como salsichas ou hambúrgueres. A restrição alimentar no final do período de engorda pode levar a carcaças com menos depósitos de gordura e melhorar a eficiência alimentar (Birolo et al., 2017). A restrição alimentar durante o período pós-desmame também é aplicada para reduzir distúrbios digestivos, ocorrência de enteropatia epizoótica de coelho (ERE) e para melhorar a eficiência alimentar (Gidenne et al., 2012) sem prejudicar os resultados do abate e as características de carcaça (Birolo et al., 2017). O consumo limitado de ração tem um efeito positivo na eficiência alimentar (Gidenne et al., 2012) e reduz a gordura da carcaça.

Para idades de abate mais avançadas e sem castração, o sexo dos coelhos também poderá afectar as características da carcaça e a composição química da carcaça (Szendrő et al., 1998; Hussein e El-Fattah, 2020). Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar os efeitos do sexo e de uma restrição alimentar sobre as características da carcaça em coelhos sujeitos a uma engorda prolongada.

Materiais e métodos

Animais e delineamento experimental

O ensaio foi realizado na unidade de produção de coelhos da Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, em Vila Real, Portugal. Durante o trabalho, os animais foram alojados em gaiolas de arame galvanizado com dimensões de 40 cm de profundidade, 25 cm de largura e 30 cm de altura, com bebedouros e comedouros individuais. As gaiolas foram instaladas em pavilhão fechado, com controlo de temperatura (18 a 23 °C) e sujeitos a um fotoperíodo das 7h00 às 19h00, atendendo à legislação de bem-estar aplicada a estes animais (Port. N° 1005-1092). Foram utilizados 24 animais da raça Nova Zelândia Branca x Californiana com 62 dias de idade, sendo 12 fêmeas e 12 machos, foram distribuídos aleatoriamente, de acordo com sexo, entre dois tratamentos (grupo alimentação *ad libitum* e grupo alimentação restringida (80% da ração consumida calculada pela ingestão do grupo controle na semana anterior). Durante o trabalho foi utilizada alimento comercial balanceada segundo (De Blas e Mateos, 2010), sem substâncias medicamentosas. Os animais foram submetidos a um período de 4 dias de adaptação ao ambiente e dieta alimentar e o experimento durou depois mais três semanas. Durante o período de adaptação, os animais receberam água e ração comercial peletizada à vontade. Os animais foram pesados no início do ensaio, no final do período de adaptação e semanalmente durante o restante período. O consumo de alimento também foi registado semanalmente. Diariamente foi distribuído o alimento e os animais foram observados para registo da mortalidade e de outras ocorrências.

Abate e determinações

Aos 86 dias de idade, foram abatidos 10 coelhos por tratamento, entre 11h30 e 12h30. O abate foi realizado por deslocamento cervical súbito, seguido de sangria e precedido de 12 horas de jejum. Após a confirmação da morte dos coelhos, as suas carcaças foram preparadas removendo pele, patas, órgãos genitais, bexiga e trato digestivo, conforme recomendação de Seguidamente, o trato gastrointestinal completo foi removido e dividido nos seus Blasco *and*

Ouhayoun (1996). principais órgãos, que foram pesados e medidos. O ceco foi pesado também vazio, foi medido o seu pH e uma amostra foi seca em estufa. A carcaça quente (com fígado, rins, coração e pulmões) foi também pesada.

A carcaça foi refrigerada por 24 horas e avaliados a cor da carne ao nível da perna e o pH do músculo bíceps femoral. O fígado, rins, coração e pulmões foram removidos e pesados e os seus pesos expressos em relação ao peso da carcaça refrigerada. A carcaça foi depois dividida nas diferentes partes, conforme proposto por Blasco *and* Ouhayoun (1996). De cada animal abatido, a perna esquerda foi dissecada e seus diferentes tecidos (músculos, ossos, tendões e gordura) foram separados e pesados individualmente.

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada com o programa JMP, versão 14 (SAS, 2018). Os dados foram análise de variância unilateral (ANOVA) com alimentação, sexo e sexo x alimentação, como os factores testados, utilizando o procedimento do Modelo Linear Geral. A significância estatística foi aceita para $P < 0,05$.

Resultados e Discussão

Os resultados do efeito da restrição alimentar e sexo nas características da carcaça são apresentados na Tabela 1.

O peso vivo ao abate dos coelhos abatidos aos 86 dias foi semelhante ao relatado por Szendrő et al. (2016). Neste trabalho, a aplicação da restrição alimentar no final da engorda, aumentou significativamente ($P < 0,05$) o peso do fígado (+ 14%) e diminuiu a proporção de gordura total na carcaça (redução de 29%, de 1,87 para 1,33 g/kg PV).

A restrição alimentar não afectou a proporção de partes da carcaça, conforme observado por Chodóva et al. (2019). O rendimento de carcaça e a proporção dos diferentes tecidos na perna não se mostraram influenciados pelo manejo alimentar, o que também foi observado por Birolo et al. (2017). Esses autores não observaram o efeito da restrição alimentar sobre o peso da gordura dissecável, o que não está de acordo com nosso trabalho, o que pode ser justificado pelo nível de restrição e idade de realização do ensaio e de abate.

O sexo do animal influenciou significativamente ($P < 0,05$) alguns parâmetros (Tabela 1). Nos machos, o peso de abate (+ 167g; 6,7%), o peso do músculo na perna (+13,2 g; 7%) e o peso da parte anterior (22,7 vs. 24,6%), foram superiores. O peso do fígado e da cabeça foram superiores nas fêmeas. Hussein e El-Fattah, (2020) observaram diferenças na proporção das vísceras, mas o manejo da ração e os pesos de abate foram diferentes do nosso trabalho. As diferenças de peso vivo entre os sexos, também foram maiores que as dos coelhos deste trabalho.

Os resultados da restrição alimentar e do sexo, nas características do trato digestivo são mostrados na Tabela 2.

A restrição alimentar afectou significativamente ($P < 0,05$) o teor de matéria seca do ceco (+ 17%). Conforme observado por Birolo et al. (2017), a restrição alimentar não afectou o desenvolvimento do tubo, o peso e o comprimento. De acordo com os resultados da Tabela 2, o sexo dos coelhos influenciou ($P < 0,05$) o comprimento do cólon, que foi maior nas fêmeas (+ 12 cm).

A restrição alimentar reduziu o teor de gordura dissecável da carcaça, mas não influenciou outros parâmetros com efeito na utilização e transformação da carne. Em relação ao sexo, observamos que os machos tiveram um maior peso vivo ao abate, e conseqüentemente, um maior peso do músculo da perna, o que poderia melhorar o rendimento para a transformação. Seria interessante estender a duração do ensaio para confirmar os resultados obtidos.

Tabela 1. Efeitos da restrição alimentar e sexo nas características de carcaça.

	Alimentação (A)		Sexo (S)		EPM	Valor de P		
	Ad libitum	Restringida	Fêmea	Macho		A	S	AxS
Peso Vivo Abate (PVg)	2632	2553	2509	2676	35,7	ns	0,016	ns
Carcaça quente (g)	1526	1473	1453	1546	24,5	ns	0,059	ns
Carcaça refrigerada (CR, g)	1426	1377	1358	1445	22,94	ns	0,062	ns
Rendimento CR (%)	51,7	51,0	51,3	51,4	0,39	ns	ns	ns
Peso (% CR)								
Cabeça	9,69	10,43	10,62	9,49	0,243	0,084	0,012	ns
Fígado	4,92	5,64	5,56	5,00	0,156	0,012	0,040	ns
Rins	1,16	1,22	1,24	1,14	0,029	ns	0,062	ns
Timo e coração	2,03	2,07	2,07	2,02	0,086	ns	ns	ns
Gordura total	1,87	1,33	1,65	1,55	0,134	0,038	ns	ns
Pernas	38,4	38,7	38,8	38,3	0,25	ns	ns	ns
Parte anterior	23,6	23,7	22,7	24,6	0,44	ns	0,029	ns
Lombo	23,3	22,5	22,9	22,9	0,25	ns	ns	ns
pH e cor da perna								
pH	6,52	6,52	6,62	6,42	0,056	ns	0,060	ns
L	45,2	47,0	47,5	44,7	1,20	ns	ns	ns
a	3,15	5,01	4,59	3,57	0,676	ns	ns	ns
b	8,68	8,98	8,9	8,76	0,338	ns	ns	ns
Tecidos da perna								
Músculo (g)	188,9	183,9	179,8	193,0	3,18	ns	0,035	ns
Osso (g)	2,96	2,63	2,99	2,61	0,418	ns	ns	ns
Gordura (g)	29,9	29,4	29,2	29,9	0,245	ns	ns	ns
Cartilagem (g)	8,55	9,02	8,91	8,66	0,690	ns	ns	ns
Músculo/ osso	6,31	6,26	6,15	6,42	0,084	ns	0,09	ns

EPM: erro padrão da média. P<0,05: diferença significativa. 0,05<P<0,1: tendência para a significância. ns: não significativo.

Tabela 2. Efeitos da restrição alimentar e sexo no desenvolvimento dos órgãos digestivos.

	Alimentação (A)		Sexo (S)		EPM	Valor de P		
	Ad libitum	Restringida	Fêmea	Macho		A	S	AxS
Peso (% PV)								
Estômago	4,27	4,32	4,38	4,21	0,238	ns	ns	ns
Intestino delgado	3,19	3,54	3,29	3,45	0,098	0,087	ns	ns
Ceco	6,41	7,12	6,65	6,88	0,284	ns	ns	ns
Cólon	2,74	2,61	2,59	2,76	0,114	ns	ns	ns
Comprimento (cm)								
Intestino delgado	335,5	341,7	341,6	335,6	5,43	ns	ns	ns
Ceco	53,3	52,3	53,5	52,1	1,11	ns	ns	ns
Cólon	128,9	123,3	132,1	120,1	2,10	0,09	0,016	ns
Trato digestivo total	517,7	517,3	527,2	507,8	6,10	ns	ns	ns
Ceco								
pH	6,08	6,15	6,05	6,18	0,067	ns	ns	ns
Conteúdo fresco (g)	125,4	136,7	132,1	130,0	6,30	ns	ns	ns
Conteúdo seco (g)	25,6	32,7	28,4	29,9	1,85	0,062	ns	ns
MS (%)	20,3	23,9	21,3	22,9	0,664	0,003	ns	ns

EPM: erro padrão da média. P<0,05: diferença significativa. 0,05<P<0,1: tendência para a significância. ns: não significativo.

Agradecimentos: Para os autores integrados na unidade de investigação CECAV, a investigação foi financiada pelos Fundos Nacionais da FCT, Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia, projeto número UID / CVT / 0772/2016.

Bibliografia: Birolo M, Trocino A, Tazzoli M, Xiccato G. 2017. Effect of feed restriction and feeding plans on performance, slaughter traits and body composition of growing rabbits. *World Rabbit Sci* 25:113-122. ■ Blasco A, Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci* 4:93-99. ■ Chodóva D, Tumova E, Volek Z. 2019. The effect of limited feed intake on carcass yield and meat quality in early weaned rabbits. *Ital J Anim Sci* 18:381-388. ■ De Blas C, Mateos GG. 2010. Feed formulation, In: De Blas JC, Wiseman J. (Eds.). *The Nutrition of the rabbit*, 2 edição. CAB International. Oxfordshire, UK, pp. 222-232. ■ Faria HG, Ferreira WM, Scapinello C, Oliveira CEA. 2008. Efeito da utilização de dietas simplificadas, à base de forragem, sobre a digestibilidade e o desempenho de coelhos Nova Zelândia. *R Bras Zootec* 37(10):1797-1801. ■ Gidenne T, Combes S, Fortun-Lamothe L. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal* 6:1407-1419. ■ Hussein A, El-Fattah A. 2020. Effect of sex and feed frequency on growing California rabbits, carcass characteristics and meat quality. *Poult, Sci* 40:405-419. ■ SAS Institute. 2018. JMP® 14. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA. ■ Sousa ECL. 2018. Desempenho e características de carcaça de coelhos da raça lionhead. Universidade Federal da Paraíba, Areia, Brasil, pp.1 -38. ■ Szendrő Zs, Kenessey Á, Jensen JF, Jensen NE, Csapó J, Romvári R, Milisits G. 1998. Effect of genotype, age, body weight and sex on the body composition of growing rabbits. *World Rabbit Sci* 6:3-4. ■ Szendrő Z, Matics Z, Szabó R, Kustos K, Mikó A, Odermatt M, Gerencsér Z. 2016. Agressivity and its effect on lifespan of group-housed rabbit does, Preliminary results. In: 11th World Rabbit Congress. Qingdao, China, pp. 719-722.

Uso de muestras deshidratadas para la mejora del diagnóstico de la enfermedad hemorrágica del conejo

Use of dried samples to improve the diagnosis of the rabbit haemorrhagic disease

Sánchez A^{1*}, Valls L¹, Mora X², Maldonado J¹

¹Laboratorios HIPRA S.A., 17170 Amer (Girona), España.

²ASVET Veterinaria S.L., 08410 Vilanova del Vallès, España.

*alba.sanchez@hipra.com

Resumen: La enfermedad hemorrágica del conejo (RHD) es una patología vírica aguda y altamente contagiosa, que afecta a conejos domésticos y salvajes. La presencia del agente causal, el virus de la RHD (RHDV), se suele confirmar mediante PCR en tiempo real (RT-qPCR) en muestras frescas de hígado, con el consecuente riesgo biológico y coste adicional de transporte al laboratorio. La detección de antígeno del RHDV ha demostrado menor sensibilidad que la RT-qPCR y su uso está supeditado a la disponibilidad de kits comerciales. Otros métodos son poco empleados por coste y tiempo de respuesta. El objetivo de este estudio fue adaptar y validar un protocolo alternativo de conservación, transporte y análisis de muestras para el diagnóstico de la RHD basado en tarjetas FTA, que las fijan e inactivan para su posterior análisis molecular. Este protocolo (método alternativo) se comparó con el protocolo estándar (método estándar) en dos fases: Una prueba de concepto para valorar la detectabilidad mediante RT-qPCR del RHDV2 en FTA (positivo/negativo), el límite de detección para los dos métodos en diluciones decimales seriadas, y la estabilidad en el tiempo del ARN en la FTA. Posteriormente se compararon los resultados de la RT-qPCR en muestras clínicas, utilizando las mismas muestras de hígado (n=29) frescas (protocolo estándar) y desecadas en FTA (protocolo alternativo). Estos estudios demostraron que es posible fijar el ARN del RHDV2 en FTA para su posterior detección por RT-qPCR, sin pérdida de señal durante al menos 8 semanas. Por otra parte, no se observaron diferencias entre métodos en cuanto al número de positivos (23/29), si bien el límite de detección analítico y la sensibilidad diagnóstica fueron marginalmente superiores para el método alternativo. Estos resultados demuestran que el uso de tarjetas FTA facilita la logística del diagnóstico por RT-qPCR de la RHD, reduciendo costes y tiempo de respuesta.

Palabras clave: RHD, FTA, RT-qPCR.

Abstract: Rabbit hemorrhagic disease (RHD) is an acute and highly contagious viral disease affecting domestic and wild rabbits. The presence of the causative agent, the RHD virus (RHDV), is usually confirmed by real-time PCR (RT-qPCR) in liver samples, with the consequent biological risk and additional cost of transport to the laboratory. RHDV antigen detection has shown lower sensitivity than RT-qPCR, and its use is subject to the availability of commercial kits. Other methods are rarely used due to cost and turnaround time. The aim of this study was to adapt and validate an alternative protocol for preservation, transport and analysis of samples for RHD diagnosis based on FTA cards, which fix and inactivate them for subsequent molecular analysis. This protocol (alternative method) was compared with the standard protocol (standard method) in two phases: A proof of concept to assess the RT-qPCR detectability of RHDV2 on FTA (positive/negative), the limit of detection for the two methods in serial decimal dilutions, and the stability of the RNA on FTA over time. Subsequently, RT-qPCR results were compared in clinical samples, using the same liver samples (n=29) fresh (standard protocol) and dried in FTA (alternative protocol). These studies demonstrated that it is possible to bind RHDV2 RNA in FTA for subsequent detection by RT-qPCR, without loss of signal for at least 8 weeks. Moreover, no differences were observed between methods in the number of positive (23/29), although the analytical detection limit and diagnostic sensitivity were marginally higher for the alternative method. These results demonstrate that the use of FTA cards facilitates the logistics of RT-qPCR diagnosis of RHD, reducing costs and turnaround time.

Keywords: RHD, FTA, RT-qPCR.

Introducción

La enfermedad hemorrágica del conejo (RHD, del inglés *rabbit haemorrhagic disease*) es una enfermedad vírica (RHDV) aguda muy contagiosa que afecta al conejo europeo y la liebre ibérica. Se caracteriza por signos clínicos nerviosos, respiratorios, apatía, anorexia y presenta alta morbilidad y mortalidad. Se han descrito dos tipos de RHDV en base a diferencias filogenéticas y antigénicas. El RHDV (clásico) y el RHDV2 (variante o RHDVb) (OIE, 2016). Estudios epidemiológicos demuestran que el RHDV2 ha desplazado en la gran mayoría de casos al RHDV. Datos obtenidos en DIAGNOS a partir de casos clínicos en España corroboran este desplazamiento, ya que entre 2018 y 2021 todas las cepas detectadas han sido del tipo RHDV2. En caso de un brote de enfermedad las intervenciones veterinarias han de ser inmediatas. Estas incluyen la vacunación de emergencia de todos los animales, la cual ha demostrado eficacia sobre brote, el aislamiento de los lotes enfermos y el establecimiento de medidas excepcionales de contención, además de las necropsias y toma de muestras. Es por esto que el tiempo de respuesta del laboratorio en cuanto a la confirmación de la etiología debe ser el mínimo posible. El diagnóstico de la RHD se realiza mediante detección rápida de antígeno en granja o por RT-qPCR en el laboratorio. Los kits de antígeno, aunque útiles como método rápido *point-of-care*, han mostrado menor sensibilidad que la RT-qPCR (Abrantes y Lopes, 2021). Esta, por su parte, muestra mayor sensibilidad, aunque tiene la limitación del envío de muestras al laboratorio, con la consecuente manipulación de muestras infecciosas, el tiempo de transporte, las condiciones especiales de embalaje y la necesidad de refrigeración, todo ello generando retraso y costes adicionales. La tarjeta FTA (*Flinders Technology Associates*), es un papel de celulosa tratado químicamente. Cuando la muestra entra en contacto con ella, rehidrata los reactivos y estos actúan lisando las membranas celulares y los orgánulos de los microorganismos presentes, incluyendo a los patógenos. Los ácidos nucleicos son liberados e inmovilizados en el papel de manera estable, protegidos de la degradación por periodos largos de tiempo en condiciones de temperatura ambiente, baja humedad y protegidos de la luz ultravioleta (Rajendram et al., 2006). Si bien este sistema es ampliamente empleado en veterinaria y en medicina humana, no todos los ácidos nucleicos son igualmente estables en esta matriz, por lo que el método se debe validar para cada tipo de muestra y microorganismo. El objetivo de este estudio fue adaptar y validar un método de RT-qPCR para RHDV2, basado en la inmovilización de las muestras en tarjetas FTA (método alternativo), su transporte urgente al laboratorio y su análisis por RT-qPCR, una vez adaptada a la muestra de papel.

Material y métodos

Diseño experimental

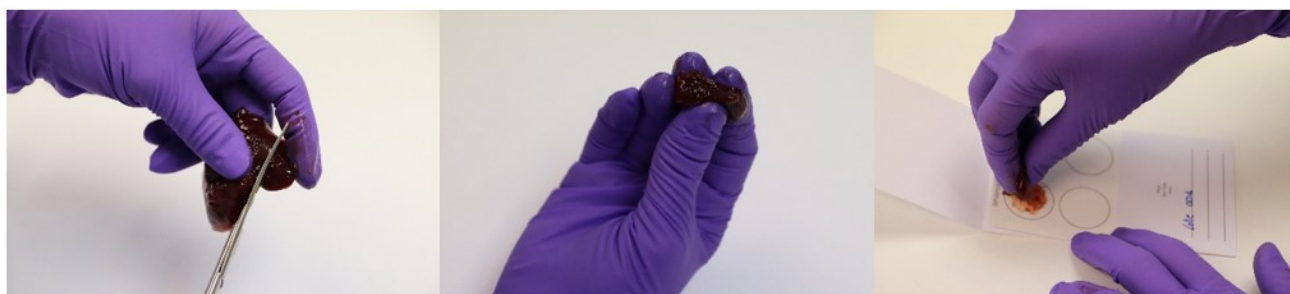
Una primera fase consistió en una prueba de concepto para verificar que el ARN del RHDV2 se puede fijar en FTA y posteriormente detectar por PCR. Para ello se empleó la RT-qPCR existente en el laboratorio (Duarte et al., 2015), adaptada a la muestra fijada en FTA, y una cepa de referencia del RHDV2 que sirvió para preparar un panel de diluciones decimales. De cada dilución se hicieron dos alícuotas, una se mantuvo líquida y la otra se fijó en FTA. Las dos se analizaron mediante RT-qPCR. Con los resultados obtenidos se determinaron y compararon los límites de detección. La estabilidad en el tiempo del ARN en la FTA se determinó realizando análisis periódicos de FTAs previamente inoculadas con la cepa de referencia y conservadas en el laboratorio. Los parámetros diagnósticos comparativos para los dos métodos se valoraron en una segunda fase, con un panel de muestras clínicas de casos sospechosos de RHD en España.

PCR, virus y métodos

La RT-qPCR para RHDV2 empleada detecta un fragmento del gen VP60, con una especificidad del 100%, sensibilidad de 2×10^5 UHA/ μ l ($\leq 1,5$ ng/ μ l) y eficiencia del 92%. La cepa de referencia para la prueba de concepto fue la VST-RHD-V-1037. Las diluciones decimales de esta cepa se hicieron en agua de PCR hasta la dilución -8 de la cepa pura. De cada una de estas diluciones se inocularon 125 μ l en FTA (una FTA por dilución), dejándolas secar a temperatura ambiente. Pasadas 24h se realizó simultáneamente la extracción del ARN y la RT-qPCR de las

muestras líquidas y de las fijadas en FTA, cada una mediante el protocolo correspondiente. Para la valoración de la estabilidad del ARN en FTA se inocularon simultáneamente 4 tarjetas con la misma cepa de referencia. Las tarjetas fueron analizadas por RT-qPCR pasadas 1, 2, 4 y 8 semanas de la inoculación (Tabla 1). Para determinar el valor diagnóstico del método propuesto, se analizaron muestras de hígado de conejo (n=29) de diferentes granjas en España. Cada muestra se dividió en dos fragmentos. La cara interna de uno de ellos se puso en contacto, mediante presión suave, con el área de inoculación de la FTA, que se dejó secar a temperatura ambiente (Imagen 1). Con la muestra restante se preparó una suspensión al 10% p/v en PBS y se conservó a 4°C. Al día siguiente las muestras en FTA se resuspendieron en 1ml de agua de PCR, se agitaron mediante vortex por 15s y se incubaron 20m a 100°C. Seguidamente se realizó la extracción del ARN (kit RNeasy minikit, Qiagen, Alemania) de las muestras frescas y de las fijadas en FTA a partir de 100 y 600ul de cada tipo de muestra, respectivamente. Finalmente, todas las muestras de ARN extraído se sometieron a amplificación (kit Quantitect probe RT-PCR Master mix, Qiagen, Alemania) y los resultados fueron comparados en cuanto al valor CT.

Imagen 1. Inoculación de una muestra clínica en una tarjeta FTA.



Resultados y discusión

La prueba de concepto demostró que el ARN del RHDV2 se puede fijar desecado en una tarjeta FTA y posteriormente se puede detectar mediante la RT-qPCR adaptada a este tipo de muestra. Aún más, el ARN del RHDV2 desecado en FTA se mantuvo estable y sin pérdida de calidad, ya que no hubo una reducción detectable de la señal de RT-qPCR en términos de valor CT, como mínimo hasta 8 semanas después de su inoculación (Tabla 1).

Tabla 1. Evolución temporal de los resultados de RT-qPCR de RHDV2 con muestras en FTA.

Muestra fijada en FTA	Semanas p.i. (valor Ct) e interpretación			
	1	2	4	8
Cepa VST-RHD-V-1037	(32,3) positivo	(34,3) positivo	(34,6) positivo	(35,8) positivo
Control negativo	negativo	negativo	negativo	negativo

p.i.: post inoculación; Ct: Threshold Cycle; resultado positivo CT ≤ 38,5.

Finalmente, de las 29 muestras clínicas la RT-qPCR detectó 26 positivas (89,7%) y 3 negativas (10,3%) tanto frescas como sus réplicas deshidratadas, con una diferencia promedio de valor CT de 2,35 a favor de la muestra deshidratada. Estos resultados pueden deberse a las diferencias en los métodos de extracción del ARN en función del tipo de muestra. El método que parte de la FTA permite diluir la muestra en un volumen menor que en el método que parte del tejido fresco, el cual se diluye al realizar la homogeneización (macerado mecánico).

Los resultados obtenidos demuestran una buena optimización de la metodología FTA para la RT-qPCR de RHDV2. Este resultado abre las puertas a un muestreo con mayor facilidad, y la confirmación ágil (24 horas desde su llegada al laboratorio) de la RHD.

A nivel práctico para el veterinario en el campo, este sistema de muestreo alternativo reduce costes de envío, aporta la tranquilidad de no tener que realizar el envío inmediatamente el mismo día del muestreo y permite agrupar con otras muestras. También ofrece la posibilidad de

muestrear varios animales en una misma tarjeta e incluso, una vez en el laboratorio, realizar estudios moleculares para caracterizar el tipo de virus en caso de que no sea RHDV2.

La sencillez y asepsia que proporciona la inoculación de los tejidos diana del virus en las tarjetas FTA durante la valoración de lesiones en la granja, su envío a temperatura ambiente, la inactivación de los patógenos y la estabilidad del ARN del RHD2 mejoran notablemente el diagnóstico actual basado en muestras frescas de conejo o liebre ibérica.

Agradecimientos: Al staff técnico de DIAGNOS por la realización de las analíticas.

Bibliografía: Abrantes J, Lopes AM. 2021. A review on the methods used for the detection and diagnosis of rabbit hemorrhagic disease virus (RHDV). *Microorganisms* 9:972. ■ Duarte MD, Carvalho CL, Barros SC, Henriques AM, Ramos F, Fagulha T, Luís T, Duarte EL, Fevereiro M. 2015. A real time Taqman RT-PCR for the detection of rabbit hemorrhagic disease virus 2 (RHDV2). *J Virol Methods* 219:90-95. ■ Manual Terrestre de la OIE. 2016. *Capítulo 2.6.2. Enfermedad hemorrágica del conejo*. ■ Rajendram D, Aynza R, Holder FM, Moran B, Long TY, Shah HN. 2006. Long-term storage and safe retrieval of DNA from microorganisms for molecular analysis using FTA matrix cards. *J Microbiol Meth* 67:582-597.

¿Es viable la selección genómica en conejo?

Is the genomic selection feasible in rabbits?

Sosa-Madrid BS^{1*}, Mancin E², Blasco A¹, Ibáñez-Escriche N¹

¹Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, 46022 València, España.

²Departamento de Agronomía, Alimentación, Recursos Naturales, Animales, y Ambiente (DAFNAE), Università Degli Studi di Padova, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD), Italia.

*bosomad@posgrado.upv.es

Resumen: La selección genómica es una de las técnicas de vanguardia utilizadas en la industria de la mejora genética. No obstante, en el esquema de selección de conejo se requiere de un análisis profundo para su implementación. En este trabajo se presenta un estudio basado en datos simulados para tamaño de camada bajo siete estrategias de genotipado. Las estrategias, diseñadas en escenarios, fueron evaluadas con los parámetros: precisión de la imputación (PI), precisión de la predicción genómica (PPG), respuesta a la selección (RS) y porcentaje de candidatos seleccionado correctamente (P_CSC). Todos ellos comparados con el método clásico de evaluación genética BLUP (mejor estimador lineal insesgado) donde los individuos no están genotipados. El primer escenario (S1), en el cual todos los antepasados fueron genotipados con alta densidad y la progenie con media densidad, presentó los mejores resultados, PI (0.99), PPG (0.263), RS (0.154), P_CSC (31.63) especialmente comparado con el método BLUP, con PPG (0.20), RS (0.132), P_CSC (28.90). Sin embargo, S1 presentó, aún, un coste de genotipado prohibitivo para su implementación. Los escenarios con costes de genotipado menor presentaron una PI más baja, aunque el escenario (S6), en el que las abuelas no fueron genotipadas, las madres fueron genotipadas con media densidad y la progenie con baja densidad, mostró la mejor relación entre coste de genotipado y PPG. En resumen, la selección genómica con imputación de genotipados es factible en conejo. No obstante, un tamaño de la población de referencia suficientemente grande es fundamental para asegurar la efectividad de la selección genómica. Por lo tanto, las estrategias que permitan el uso de animales de núcleos y multiplicadoras son claves en su exitosa implementación.

Palabras clave: Conejo, evaluación genómica, imputación, selección genómica, single-step GBLUP.

Abstract: Genomic selection is one of the cutting-edge techniques used in the breeding industry. However, in the rabbit selection scheme, an in-depth analysis is required for its implementation. This paper presents a study based on simulated data for litter size under seven genotyping strategies. These strategies, designed in scenarios, were evaluated with the parameters: imputation accuracy (PI), accuracy of genomic prediction (PPG), selection response (RS), and percentage of candidate selected correctly (P_CSC). All of them compared to the classical BLUP (best linear unbiased estimator) genetic evaluation method where individuals are not genotyped. The first scenario (S1), in which all ancestors were genotyped at high density and the progeny at medium density, showed the best results, PI (0.99), PPG (0.263), RS (0.154), P_CSC (31.63), especially compared to the BLUP method, with PPG (0.20), RS (0.132), P_CSC (28.90). However, S1 still presented a prohibitive genotyping cost for implementation. The scenarios with lower genotyping costs presented lower PI, but the scenario 6 (S6), in which grand-dams were not genotyped, dams were genotyped at medium density and progeny at low density, showed the best relationship between genotyping cost and PPG. In summary, genomic selection with genotyping imputation is feasible in rabbits. However, a sufficiently large reference population size is critical to ensure the effectiveness of genomic selection. Therefore, strategies allowing the use of nucleus animals and multipliers are key to its successful implementation.

Keywords: Rabbits, genomic evaluation, imputation, genomic selection, single-step GBLUP.

Introducción

Hoy en día, las herramientas genómicas han revolucionado la industria de la mejora genética animal, siendo su utilización una rutina de los protocolos de evaluación genómica, especialmente en la industria del pollo de engorde, gallinas ponedoras, ganado vacuno lechero y cerdos (Misztal et al., 2020; VanRaden, 2020). No obstante, en otras especies como el conejo de carne la implementación de esquemas de selección basados en evaluación genómica ha sido limitada, principalmente por los costes de genotipado y la escasa disponibilidad de plataformas de genotipado a nivel comercial (Fontanesi, 2016; Blasco & Pena, 2018). En términos generales, la evaluación genómica incrementa la precisión de los valores mejorantes comparado con los típicos métodos de evaluación genética: selección masal y evaluación a través del método de mejor predictor lineal no sesgado (BLUP). La selección genómica es particularmente útil en caracteres de baja heredabilidad y en nuevos caracteres que presentan una baja correlación con los caracteres criterios de selección (Misztal et al., 2020, 2021; VanRaden, 2020). En el conejo, los principales caracteres criterios de selección son la velocidad de crecimiento y el tamaño de camada (registrados al nacimiento o al destete). Este último carácter tiene una baja heredabilidad y ha obtenido una baja respuesta a la selección (Piles et al., 2021). Por lo tanto, el tamaño de camada es un carácter ideal para estudios empíricos sobre el impacto de la implementación de la selección genómica en conejos. No obstante, hay varios parámetros que pueden afectar los resultados positivos de la selección genómica, entre ellos tenemos: la población de referencia, la estrategia de genotipado, el método de análisis de las evaluaciones genómicas, el número óptimo de marcadores genéticos, y otros (VanRaden, 2020; Misztal et al., 2021). Dadas estas limitaciones y los costes económicos del genotipado, son necesarios estudios basados en simulación para comprender la viabilidad de la selección genómica en conejo. Actualmente, en conejo se encuentra disponible una plataforma comercial de "single nucleotide polymorphism" (SNP) con 199692 SNPs para analizar 96 muestras. Sin embargo, aún tiene un costo prohibitivo para genotipar un gran número de conejos de la población de referencia (Blasco & Pena, 2018; Sosa-Madrid et al., 2020). Por lo tanto, en este estudio abordamos la selección genómica utilizando datos simulados para responder si la selección genómica es viable en conejos, y en qué condiciones es posible lograr resultados exitosos en la industria cárnica del conejo. Además, basándonos en nuestros resultados y en la literatura consultada, ofrecemos los pasos claves a seguir para implementar la selección genómica en conejo.

Material y métodos

La estructura de simulación de las poblaciones de conejo se basó en un esquema típico de selección del conejo comercial, para una línea materna de un núcleo pequeño de mejora. El carácter criterio de selección fue el tamaño de camada. El genoma de conejo consistió en 20 cromosomas simulados de 100 centiMorgan de longitud y 880 nucleótidos de carácter cuantitativo (QTN) bajo una distribución GAMMA, imitando un carácter poligénico. La posición en el genoma de los QTNs fue aleatoria, ya que se desconoce la caracterización genómica o "QTN mapping" para el tamaño de camada de líneas españolas de conejo (Sosa-Madrid et al., 2020). La historia de la selección se simuló con 5 generaciones de apareamientos al azar para la fundación de la línea, 20 generaciones de selección por método BLUP, 2 generaciones de BLUP genómico (GBLUP) y la población de validación (animales candidatos de selección). La heredabilidad del carácter fue 0.11 y la varianza genética en la población base fue 0.68 en la población base.

En las generaciones de BLUP y GBLUP, 70 reproductores hembras y 35 machos fueron seleccionados. La selección fue llevada a cabo utilizando solo los registros de las hembras, ya que el carácter criterio de selección solo es expresado en las hembras. La población de validación consistía en 1500 hembras y 1500 machos candidatos a selección. Todo el proceso de selección por tamaño de camada en conejos fue simulado utilizando el programa *AlphaSim* (Faux et al., 2016). La selección genómica se basó en siete estrategias (escenarios) de genotipado diferentes sobre la decisión del tipo de densidad de genotipado y cantidad de conejos a genotipar (abuelos/as, padres, madres) (Tabla 1).

La plataforma de alta densidad (HD; 200000 SNPs), una de mediana densidad (MD; 6000 SNPs), y otra de baja densidad (LD; 600 SNPs) fueron creadas para las evaluaciones genómicas. Todos los SNPs fueron asignados proporcionalmente por cromosomas de manera aleatoria. Los SNPs ausentes para la MD fueron elegidos aleatoriamente de la plataforma de HD y los SNPs ausentes para la LD elegidos de la plataforma MD. Los precios de las plataformas fueron establecidos en: 100€ (HD), 39.50€ (MD) y 10€ (LD) por animal; tras consultar con la empresa que comercializa la plataforma comercial. Los siete escenarios fueron evaluados comparando sus precisiones de imputación (PI). Este parámetro fue calculado como la correlación de Pearson entre los genotipos imputados y los verdaderos genotipos en la población de validación. La imputación se realizó con el programa *AlphaImpute* (Hickey et al., 2012). Además, la precisión de la predicción genómica (PPG), calculado como correlaciones de Pearson entre el verdadero valor y el estimado; la respuesta a la selección genómica (RSG), el porcentaje de candidatos seleccionados correctamente (P_CSC) y el coste de genotipado fueron calculados para cada escenario. Estos parámetros fueron utilizados para comparar los diferentes escenarios versus la selección clásica mediante BLUP. Las evaluaciones genéticas y genómicas fueron realizadas en el programa *BLUPF90*, a través de single-step GBLUP (Lourenco et al., 2020).

Tabla 1. Estructura de estrategias de genotipado y número de animales.

Estrategias de Genotipado	Poblaciones de Entrenamiento				Para Imputación	Población de Validación (Predicción Genómica)
	26ª Generación		27ª Generación		Progenie (1500)	28ª Generación
	Abuelas (150)	Abuelos (35)	Madres (150)	Padres (35)		Progenie (1500-hembras)
S1	HD	HD	HD	HD	MD	<i>i</i> -HD
S2	HD	HD	HD	HD	LD	<i>i</i> -HD
S3	MD	HD	HD	HD	½ LD	½ <i>i</i> -HD + ½ NG
S4	MD	HD	MD	HD	LD	<i>i</i> -HD
S5	LD	HD	LD	HD	LD	<i>i</i> -HD
S6	NG	HD	MD	HD	LD	<i>i</i> -HD
S7	NG	HD	NG	HD	LD	<i>i</i> -HD

S: escenario. HD: alta densidad. MD: mediana densidad. LD: baja densidad. NG: no genotipados. *i*-HD: genotipos imputados a alta densidad.

Resultados y discusión

Los resultados de PI se muestran en la Figura 1. El escenario 1 (S1) muestra un elevado valor de PI (0.99) indicando que sus datos son prácticamente los mismos como genotipar con una plataforma de HD. Los PI de S2 y S3 son muy similares, 0.941 y 0.934, respectivamente. El PI disminuye para S4 (0.917) y S6 (0.902). Los escenarios S5 (0.86) y S7 (0.81) presentaron los más bajos valores promedios de PI. Estos resultados están en líneas con resultados en cerdos, en donde un menor PI es encontrado en estrategias de imputación que utilizan plataformas de baja densidad o/y cuando se tiene menor información genómica de parientes cercanos (Cleveland & Hickey, 2013).

Por otro lado, PPG presenta la misma tendencia que PI (Figura 2), mostrando que el valor de S1 (0.263) es superior al valor del BLUP (0.20). Los escenarios S2, S3, S4 y S6 fueron muy similares, con valores que oscilaron entre 0.237 a 0.232. En cambio, S5 y S7 muestran valores más bajos, 0.22. Los resultados muestran una gran variabilidad dentro de escenario, ya que los datos son dependientes de cada simulación, principalmente de las distribuciones de los QTNs y SNPs a lo largo del genoma. Esto sugiere que la caracterización genómica de las líneas de conejos será esencial para garantizar una selección genómica de gran impacto en el carácter tamaño de camada. En efecto, en caso que algunas regiones genómicas expliquen un mayor porcentaje de varianza del tamaño de camada, como en el estudio de Sosa-Madrid et al. (2020), podría aplicarse una matriz ponderada de los SNPs en el modelo para asegurar unos mejores valores de PPG (Zhang et al., 2016).

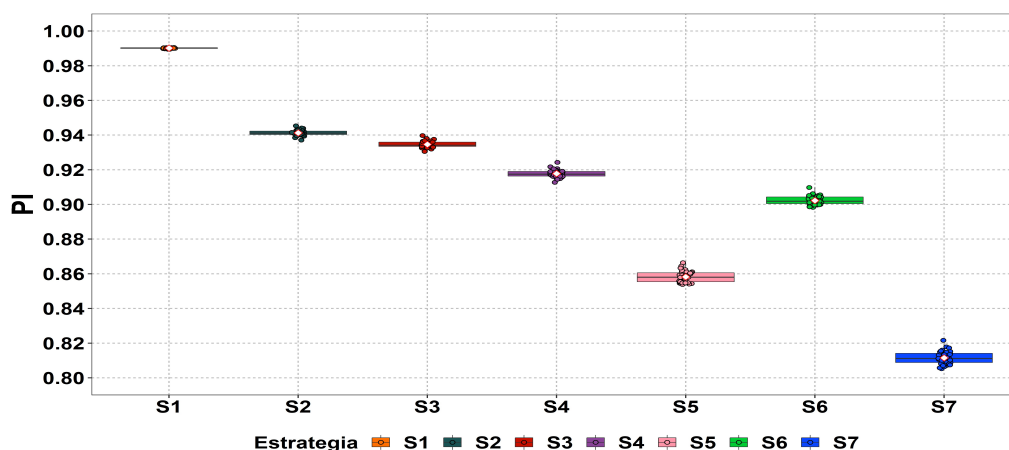


Figura 1. Precisión de la Imputación (PI) en cada estrategia de genotipado.

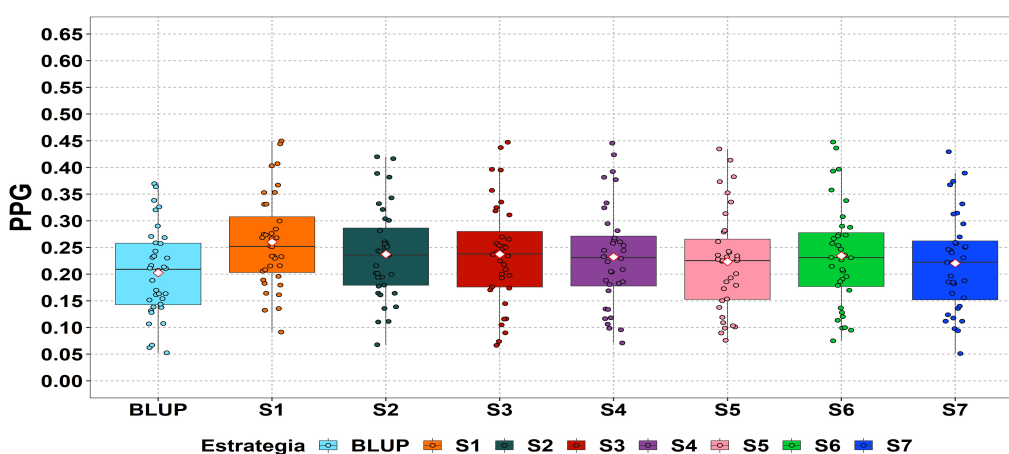


Figura 2. Precisión de la Predicción Genómica (PPG) en cada estrategia de genotipado.

Los resultados de RSG y P_CSC se muestran en la Tabla 2. Diferencias insignificantes fueron encontradas entre los escenarios para P_CSC. A excepción de S5 y S7, los diferentes escenarios presentaron mayores valores de RSG cuando se comparan con el BLUP. S1 es el escenario con mejores resultados en todos los parámetros, pero a un coste económico todavía muy alto para su implementación. Los resultados en S1 están en la misma línea que los resultados en vacuno lechero (Weigel et al., 2010) y en cerdos (Cleveland & Hickey, 2013), pero en estas dos especies los costes del genotipado y la densidad de SNPs requerida han disminuido considerablemente. Además, PPG y RSG parecen disminuir cuando la densidad de SNPs baja en los progenitores, nótese el cambio existente entre S4 y S5 (diferente genotipado en madres), pero inaparente entre S2 y S3 (diferente genotipado en abuelas). Por tanto, mayor atención deberá ser puesta en el genotipado de los ascendientes más cercanos. En conclusión, los resultados de este estudio indicarían que la estrategia más recomendable sería una en donde los abuelos y padres son genotipados con HD, las madres con MD, la progenie con LD y las abuelas no son genotipadas. S6 es la propuesta más viable para iniciar la selección genómica en conejos, dados su menor precio y las inapreciables diferencias de esta estrategia con S4 y S3 para los parámetros evaluados. Esta estrategia mejoraría en un 7% el tamaño de camada respecto al valor de RS en BLUP (Tabla 2).

Tabla 2. Respuesta a la selección, porcentaje de candidatos seleccionados correctamente, coste de genotipado para cada método de selección o estrategia.

Método / Estrategia de Imputación	Respuesta a la Selección (SE)	P_CSS (SE)	Coste de Genotipado
BLUP	0.132 (0.007)	28.90 (0.55)	----
S1	0.154 (0.007)	31.63 (0.53)	96,250€
S2	0.146 (0.007)	30.46 (0.53)	52,000€
S3	0.147 (0.008)	30.93 (0.59)	35,425€
S4	0.139 (0.007)	29.85 (0.52)	33,850€
S5	0.133 (0.007)	29.51 (0.50)	25,000€
S6	0.141 (0.007)	30.15 (0.54)	27,925€
S7	0.136 (0.007)	29.68 (0.53)	22,000€

S: escenario. SE: error estándar. P_CSS: porcentaje de candidatos seleccionados correctamente.

Uno de las limitaciones en conejo y reflejada en este trabajo es el pequeño número de animales (370) que se puede usar como población de referencia en un núcleo de selección, lo cual limita en parte los resultados obtenidos de PPG y RSG. Además, nuestro ejemplo solo toma en cuenta una línea pura materna. Una gran población de referencia y el uso optimizado de líneas puras y cruzadas potencializaría los resultados de la selección genómica (Misztal et al., 2020; VanRaden, 2020; Duenk et al., 2021). Por tanto, la estrategia de crear una población de referencia con gran número de animales provenientes tanto de núcleos como de granjas multiplicadoras es clave para el éxito de la selección genómica. Un mayor volumen de animales genotipados permitiría obtener un coste de genotipado sensiblemente menor. Además, un nuevo precio de mercado deberá ser establecido para los animales con evaluaciones genómicas lo cual justificaría la inversión en la selección genómica. En resumen, los pasos a seguir en un esquema de selección genómica en conejo serían: (1) definir el número de animales de referencia y las granjas núcleos y multiplicadoras involucradas; (2) caracterización genómica de las líneas de conejo; (3) elección de los SNPs para plataformas MD y LD; (4) análisis de métodos de imputación; (5) análisis de métodos de evaluación genómica; (6) implementación empírica de la selección genómica: control de consanguinidad (mayor precisión) y pre-selección de reproductores candidatos; y (7) evaluación de la selección genómica en dos subsecuentes generaciones.

Bibliografía: ■ Blasco A, Pena RN. 2018. Current Status of Genomic Maps: Genomic Selection/GBV in Livestock. En: H. Niemann and C. Wrenzycki (Ed.). *Animal Biotechnology 2: Emerging Breeding Technologies*. Springer International Publishing, Cham; Switzerland, pp. 61-80. ■ Cleveland MA, Hickey JM. 2013. Practical implementation of cost-effective genomic selection in commercial pig breeding using imputation. *J Anim Sci* 91:3583-3592. ■ Duenk P, Bijma P, Wientjes YCJ, Calus MPL. 2021. Review: optimizing genomic selection for crossbred performance by model improvement and data collection. *J Anim Sci* 99:1-24. ■ Faux AM, Gorjanc G, Gaynor RC, Battagin M, et al. 2016. AlphaSim: Software for Breeding Program Simulation. *Plant Genome* 9. ■ Fontanesi L. 2016. The rabbit in the genomics era: applications and perspectives in rabbit biology and breeding. En: 11th World Rabbit Congress, Qingdao, China, pp. 3-18. ■ Hickey JM, Kinghorn BP, Tier B, van der Werf JH, et al. 2012. A phasing and imputation method for pedigreed populations that results in a single-stage genomic evaluation. *Genet Sel Evol* 44:9. ■ Lourenco D, Legarra A, Tsuruta S, Masuda Y, et al. 2020. Single-Step genomic evaluations from theory to practice: using SNP chips and sequence data in BLUPF90. *Genes (Basel)* 11:790. ■ Misztal I, Aguilar I, Lourenco D, Ma L, et al. 2021. Emerging issues in genomic selection. *J Anim Sci* 99:1-14. ■ Misztal I, Lourenco D, Legarra A. 2020. Current status of genomic evaluation. *Anim Sci* 98:1-14. ■ Piles M, Santacreu MA, Blasco A, Sanchez JP. 2021. Genetics of Reproduction in the Rabbit. En: L. Fontanes (Ed.). *The Genetics and Genomics of the Rabbit*. International (CABI), pp. 212-233. ■ Sosa-Madrid BS, Santacreu MA, Blasco A, Fontanesi L, et al. 2020. A genomewide association study in divergently selected lines in rabbits reveals novel genomic regions associated with litter size traits. *J Anim Breed Genet* 137:123-138. ■ Weigel KA, de los Campos G, Vazquez AI, Rosa GJM, et al. 2010. Accuracy of direct genomic values derived from imputed single nucleotide polymorphism genotypes in Jersey cattle. *J. Dairy Sci* 93:5423-5435. ■ Zhang X, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, et al. 2016. Weighting strategies for Single-Step genomic BLUP: An iterative approach for accurate calculation of GEBV and GWAS. *Front Genet* 7:151.

Evolución del perfil de ácidos grasos en la leche de la coneja

Evolution of the fatty acid profile in rabbit's milk

Hadjadj I, Botella J, García ML, Argente MJ*

Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández de Elche, 03312 Orihuela, España.

*mj.argente@umh.es

Resumen: El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución de los ácidos grasos en la leche de coneja a lo largo de las cuatro primeras semanas de lactación, el efecto del número de gazapos lactantes y del solapamiento entre lactación y gestación. Se controló la lactación de 14 hembras multíparas, 6 con 4 o menos gazapos lactantes y 8 con 9 o más gazapos lactantes; en ambos grupos hubo hembras con y sin solape lactación-gestación. Se observa un aumento de los ácidos grasos saturados (SFA) del 20% en la cuarta semana de lactación, debido sobre todo a un incremento de los ácidos grasos de cadena media C8:0 y C10:0. Mientras que los ácidos grasos mono (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) disminuyen su presencia al finalizar la lactación en un 6% y 14%, respectivamente, como consecuencia de la disminución en el contenido de los ácidos grasos de cadena larga C18:1 y C18:2. El tamaño de camada y el solape lactación-gestación no afectaron a la composición de la leche de coneja en ácidos grasos.

Palabras clave: Ácidos grasos, leche de coneja, MUFA, PUFA, SFA.

Abstract: The objective of this work was to analyse the evolution of fatty acids in rabbit milk along the first four weeks of lactation, and the effects of number of lactating kits and the overlap between lactation and pregnancy. Lactation of 14 multiparous females was controlled, 6 with 4 or less lactating kits and 8 with 9 or more lactating kits; in both groups there were females with and without lactation-gestation overlap. An increase in saturated fatty acids (SFA) of 20% was observed at fourth week of lactation, due to an increase in medium chain fatty acids C8:0 and C10:0. While mono (MUFA) and polyunsaturated (PUFA) fatty acids progressively decreased their presence at the end of lactation by 6% and 14%, respectively, as consequence of decrease in content of long chain fatty acids C18:1 and C18:2. Litter size and lactation-gestation overlap did not affect the fatty acid composition of rabbit's milk.

Keywords: Fatty acids, rabbit's milk, MUFA, PUFA, SFA.

Introducción

La lactación tiene una duración entre 4 y 7 semanas dependiendo del sistema de producción (Xiccato et al., 2003; Zita et al., 2007). Los gazapos dependen exclusivamente de la leche materna hasta los 18-19 días (Maertens y De Groote, 1990; Fortun-Lamothe y Gidenne, 2000); momento en el que la curva de lactación empieza a disminuir (Plasencia et al., 2010; Ludwiczak et al., 2020), los gazapos empiezan a ingerir pequeñas cantidades de pienso (Gidenne y Fortun-Lamothe, 2002) y la microflora comienza la colonización cecal (Gidenne, 1997).

Los gazapos recién nacidos tienen altos requerimientos energéticos y un bajo aislamiento térmico (Rommers et al., 1999). Por lo que su supervivencia y crecimiento están estrechamente relacionados con la cantidad y calidad de la leche ingerida (Argente et al., 1999; Szendrő y Maertens, 2001; Lebas, 2011). La leche de coneja es una de las más nutritivas y energética, llegando a contener entre un 13-14% de grasa, un 12-13% de proteína y un 1,4-1,9% de lactosa al inicio de la lactación, e incrementando los valores de grasa y de proteína al 25% y 18% respectivamente y disminuyendo la lactosa al 0,5% al final de la lactación (Maertens et al., 2006).

Sin embargo, en relación a la evolución del perfil de ácidos grasos en la leche de coneja, la información es escasa.

El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución de los ácidos grasos en la leche de coneja a lo largo de las cuatro primeras semanas de lactación, el efecto del número de gazapos lactantes y del solapamiento entre lactación y gestación.

Material y métodos

Se controló la lactación de 14 hembras multíparas, 6 de ellas tuvieron 4 o menos gazapos lactantes y 8 de ellas tuvieron 9 o más gazapos lactantes; en ambos grupos hubo hembras con y sin solape lactación-gestación (ver Tabla 1).

Tabla 1. Número de hembras según el número de gazapos lactantes (GL) y si presentaban solape con la siguiente gestación (SL).

GL ≤ 4		GL ≥ 9	
SL	No SL	SL	No SL
3	3	2	6

Las conejas fueron ordeñadas dos veces por semana durante las cuatro semanas que duró la lactación. Para analizar el perfil de ácidos grasos, se depositaron 200 µL de leche de coneja en un tubo con tapón de rosca. Se adicionaron 100 µL de cloruro de metileno (diclorometano) y 1 mL de NaOH 0,5 N en metanol. Se cerró y depositó el tubo en un baño maría a 90 °C durante 10 minutos, posteriormente se enfrió sumergiéndolo en hielo y se adicionó 1 mL de trifluoruro de boro al 14 % en metanol, se agitó, y se volvió a calentar en un baño maría a 90 °C durante 10 minutos. Transcurrido este tiempo, el tubo se enfrió sumergiéndolo en hielo, y se adicionó 1 mL de agua destilada y 1 mL de hexano, se agitó vigorosamente durante un minuto y se centrifugó a 3000 rpm durante 5 minutos a 4 °C para extraer la capa superior apolar, en la que se encuentran los ácidos grasos. Esta capa se colocó en un tubo donde se había depositado sulfato de sodio anhídrido, y se esperó 5 minutos para que reaccionase con el agua que podía contener la muestra. La separación de los ácidos grasos de la muestra se llevó a cabo utilizando un cromatógrafo de gases, Shimadzy GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan).

Se cuantificó el porcentaje de los siguientes ácidos grasos: ácido acético (C2:0), ácido butírico (C4:0), ácido valerianico (C5:0), ácido caproico (C6:0), ácido enántico (C7:0), ácido caprílico (C8:0), ácido pelargónico (C9:0), ácido cáprico (C10:0), ácido láurico (C12:0), ácido tridecílico (C13:0), ácido mirístico (C14:0), ácido pentadecílico (C15:0), ácido palmítico (C16:0), ácido palmitoleico (16:1), ácido margárico (C17:0), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2), ácido linolénico (C18:3), y ácido araquídico (C20:0).

El modelo usado para analizar el perfil de ácidos grasos en la leche de coneja consideró los efectos de semana de lactación con cuatro niveles, número de gazapos lactantes con dos niveles (hembras con ≤ 4 gazapos lactantes y hembras con ≥ 9 gazapos lactantes), solape lactación-gestación con dos niveles (solape y sin solape) y el efecto de hembra. Se utilizó metodología bayesiana para todos los análisis estadísticos.

Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra la evolución de los ácidos grasos en la leche de coneja a lo largo de las cuatro primeras semanas de lactación. La leche de coneja tiene una elevada concentración en ácidos grasos saturados C4:0, C8:0, C10:0, C16:0 y C20:0, y en los mono y poliinsaturados C18:1 y C18:2, respectivamente; además de pequeñas cantidades (< 3 %) de C6:0, C7:0, C12:0, C14:0, C15:0, C18:0, C16:1 y C18:3, siendo prácticamente inexistente la presencia de C2:0, C5:0, C9:0, C13:0 y C17:0. A diferencia de la bibliografía consultada, donde se ha detectado la presencia a nivel de trazas de los ácidos grasos de cadena corta C4:0 (Fraga et al., 1989) y de cadena larga C20:0 (Kowalska y Bielansky, 2006; Lebas, 2011), nuestro trabajo muestra que el C4:0 y el C20:0

tienen un peso importante en el perfil de ácidos grasos de la leche de coneja, representando en torno al 10% de los ácidos grasos totales al inicio y al final de lactación, respectivamente. Esta discrepancia con la bibliografía existente puede deberse, tanto al escaso número de estudios realizados en este campo de trabajo como a que son dos ácidos grasos con un elevado coeficiente de variación; es decir, su presencia es muy variable dependiendo de la hembra, la alimentación y el momento de la lactación en el que se analicen.

Tabla 2. Evolución de los ácidos grasos durante las cuatro primeras semanas de lactación.

Ácido graso	Media en Semana 1	Media en Semana 2	Media en Semana 3	Media en Semana 4
C2:0	nd	nd	nd	nd
C4:0	11,57 ^a	8,74 ^{ab}	5,10 ^{bc}	2,46 ^c
C5:0	nd	nd	nd	Nd
C6:0	0,25 ^a	0,27 ^a	0,45 ^b	0,51 ^b
C7:0	0,23 ^a	0,27 ^a	0,79 ^b	0,64 ^b
C8:0	10,98 ^a	19,94 ^b	28,03 ^c	32,07 ^d
C9:0	nd	nd	nd	nd
C10:0	10,25 ^a	19,30 ^b	23,18 ^c	25,98 ^d
C12:0	1,90	2,67	2,61	3,02
C13:0	Nd	nd	nd	nd
C14:0	1,84 ^a	1,50 ^b	1,23 ^c	1,13 ^c
C15:0	0,37 ^a	0,25 ^b	0,10 ^c	0,10 ^c
C16:0	17,29	9,99 ^b	5,82 ^b	2,39 ^c
C17:0	nd	nd	nd	nd
C18:0	3,09 ^a	2,52 ^{ab}	1,70 ^b	0,82 ^c
C20:0	0,03 ^a	2,86 ^{ab}	7,78 ^{bc}	9,15 ^c
C16:1	1,77 ^a	3,36 ^a	4,71 ^a	7,35 ^b
C18:1	13,96 ^a	9,43 ^b	6,26 ^b	2,23 ^c
C18:2	24,63 ^a	17,42 ^b	11,48 ^c	11,35 ^c
C18:3	1,84 ^a	1,35 ^a	0,57 ^b	0,61 ^b
SFA	57,80 ^a	68,45 ^b	76,7 ^c	78,45 ^c
MUFA	15,73 ^a	12,79 ^b	10,97 ^{bc}	9,58 ^c
PUFA	26,47 ^a	18,76 ^b	12,05 ^c	11,96 ^c
ACC	11,57 ^a	8,74 ^a	5,10 ^b	2,46 ^b
ACM	23,61 ^a	42,45 ^b	55,13 ^c	62,34 ^d
ACL	64,80 ^a	48,81 ^b	39,77 ^c	35,20 ^c

nd: no detectado. SFA: ácidos grasos saturados. MUFA: ácidos grasos monoinsaturados. PUFA: ácidos grasos poliinsaturados. ACC: ácidos grasos de cadena corta (< C6:0). ACM: ácidos grasos de cadena media (C6:0-C12:0). ACL: ácidos grasos de cadena larga (> C12:0). ^{a, b, c y d}: diferente letra dentro de la misma fila indica que la diferencia entre semanas en valor absoluto es mayor de cero con una probabilidad mayor del 90%.

Respecto a la evolución del perfil de ácidos grasos en la leche de la coneja, dentro de los ácidos grasos saturados de cadena corta (< C6:0), el C4:0 experimenta una disminución del 80% en la cuarta y última semana de lactación. Respecto al patrón que siguen los ácidos grasos de cadena media (C6:0-C12:0), el C6:0 y el C7:0 duplican su concentración al final de la lactación, aunque como se ha comentado estos ácidos grasos se encuentran en una baja concentración, sólo llegan a representar el 1,25 % de los ácidos grasos totales en la cuarta semana de lactación. Algo similar le ocurre al C12:0 que pasa de un 1,90 % en la primera semana a un 3,02 % en la cuarta semana de lactación. El C8:0 y el C10:0 son los ácidos grasos de cadena media con una mayor presencia en la leche de coneja (Maertens et al., 2006; Lebas, 2011; Volek et al., 2014) y triplican su concentración, pasando de un 10% en la primera semana de lactación a un 30 % en la cuarta semana de lactación. Finalmente, los ácidos grasos saturados de cadena larga (> C12:0) experimentan una disminución de su concentración en la leche de la coneja al final de la lactación, pasando por ejemplo el C14:0 de un 1,84 % al 1,13 %, el C15:0 del 0,37 % al 0,10 %, el C16:0 de 17,29 % al 2,39 %, el C18:0 del 3,09 al 0,82 %. Sólo el C20:0 incrementa su presencia en la leche

de coneja al final de la lactación, pasando de niveles imperceptibles al inicio de la lactación al 9,15% en la cuarta semana de lactación. A excepción del C16:1, todos los ácidos grasos mono y poliinsaturados de cadena larga (> C12:0) como el C18:1, C18:2 y C18:3 disminuyen su presencia a la mitad al final de la lactación. Sólo el C16:1 incrementan su presencia al final de la lactación, pasando de un 1,77 % al 7,35 %.

Agrupando los ácidos grasos en saturados, mono y poliinsaturados, se aprecia un incremento del 20% de los ácidos grasos saturados conforme progresa la lactación en la coneja relacionado con el aumento de los ácidos grasos saturados de cadena media, C8:0 y C10:0, durante dicho periodo. Al mismo tiempo que los ácidos grasos mono y poliinsaturados disminuyen su presencia al avanzar la lactación en un 6% y 14%, respectivamente, como consecuencia de la disminución en el contenido de los ácidos grasos C18:1 y C18:2, como ya se ha comentado.

Si agrupamos los ácidos grasos en función de la longitud de su cadena, los ácidos de cadena media duplican su presencia al final de la lactación fundamentalmente por el C8:0 y C10:0, mientras se produce una reducción de la misma magnitud en los ácidos grasos de cadena corta (C4:0) y larga (C18:1 y C18:2).

El número de gazapos lactantes y el solape lactación-gestación no afectaron a la composición de la leche de coneja.

En conclusión, la leche de coneja es una leche muy energética debido a su alta concentración en ácidos grasos saturados (SFA) de cadena media, destacando el papel del C8:0 y del C10:0.

Bibliografía: Argente M, Santacreu M, 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. ■ Fortun-Lamothe L, Gidenne T. 2000. The effects of size of suckled litter on intake behaviour, performance and health status of young and reproducing rabbits. *Ann. Zootech* 49:517-552. ■ Fraga MJ, Lorente M, Carabaño M, De Blas JC. 1989. Effect of diet and of remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. *Anim Prod* 48:459-466. ■ Gidenne T. 1997. Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbance. *Livest Prod Sci* 51:73-88. ■ Gidenne T, Fortun-Lamothe L. 2002. Feeding strategy for young rabbits around weaning: A review of digestive capacity and nutritional needs. *Anim Sci* 75:169-168. ■ Kowalska D, Bielanski P. 2006. Effect of supplemental dietary fat for rabbits on milk composition and rearing performance of young rabbits. *World Rabbit Sci* 14:63-66. ■ Lebas F. 2011. La Biologie du lapin. <http://www.cuniculture.info/Docs/Biologie/biologie-07-3.htm>. ■ Ludwiczak A, Składanowska-Baryza J, Kuczyńska B, Stanisław M. 2020. Hycle doe milk properties and kit growth. *Animals* 10:214. ■ Maertens L, De Groote G. 1990. Comparison of feed intake and milk yield of does under normal and high ambient temperature. *J Appl Rabbit Res* 13:159-162. ■ Maertens L, Lebas F, Szendrő Zs. 2006. Rabbit milk: A review of quantity, quality and non-dietary affecting factors. *World Rabbit Sci* 14:205-230. ■ Plasencia F, Muelas R, García ML, Argente MJ. 2010. La lactación de la coneja: 1. Producción. *Boletín de Cunicultura* 164:39-48. ■ Rommers JM, Kemp B, Meijerhof R, Noordhuizen JPTM. 1999. Rearing management of rabbit does: a review. *World Rabbit Sci* 7:125-138. ■ Szendrő Zs, Maertens L. 2001. Maternal effect during pregnancy and lactation in rabbits (a review). *Acta Agraria Kaposváriensis* 5:1-21. ■ Volek Z, Marounek L, Volkavá L, Kudrnová E. 2014. Effect of diets containing whole white lupin seeds on rabbit doe milk yield and milk fatty acid composition as well as the growth and health of their litters. *J Anim Sci* 92:2041-2049. ■ Xiccato G, Trocino A, Sartori A, Queaque PL. 2000. Early weaning of rabbits: effect of age and diet on weaning and post-weaning performance. En: 7th World Rabbit Congress. Valencia, Spain. pp. 483-490. ■ Zita L, Tůmová E, Skřivanová V, Ledvinka Z. 2007. The effect of weaning age on performance and nutrient digestibility of broiler rabbits. *Czech J Anim Sci* 52:341-347.

Tasa de ovulación y supervivencia prenatal en conejas de una población local argelina y de una línea sintética

Ovulation rate and prenatal survival in rabbits of local Algerian population and synthetic line

Belabbas R^{1*}, García ML², AinBaziz H³, Berbar A¹, Argente MJ²

¹University Blida1, Biotechnology Laboratory of Animal Reproduction, Institute of Veterinary Sciences, Blida, Algeria.

²Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández de Elche, 03312 Orihuela, España.

³Laboratory of Research Health and Animal Production, National Veterinary School, Algiers, Algeria.

*r_belabbas@yahoo.fr

Resumen: El objetivo de este estudio fue identificar los componentes limitantes del tamaño de la camada en conejas de una línea sintética (SL; n = 32) y una población local (LP; n = 34). Se estimó la tasa de ovulación, el número de embriones implantados, vivos y reabsorbidos por laparoscopia a los 12 días después de la tercera monta. Se analizó la prolificidad, y la supervivencia embrionaria, fetal y prenatal al nacimiento. El número de nacidos totales y la mortalidad al parto también fue registrada. Las hembras SL tuvieron una mayor tasa de ovulación en comparación con las LP ($11,03 \pm 0,23$ frente a $8,41 \pm 0,23$ cuerpos lúteos; $P < 0,0001$). La línea SL mostró un mayor número de embriones implantados que la LP ($10,00 \pm 0,25$ frente a $7,85 \pm 0,25$ embriones; $P < 0,0001$). No se encontraron diferencias entre los grupos en relación al número de embriones reabsorbidos. La supervivencia embrionaria, fetal y prenatal fue similar entre las hembras SL y LP. Además, el número total de recién nacidos fue mayor en las hembras SL que las LP (+1,46 gazapos; $P < 0,05$). En conclusión, la tasa de ovulación parece ser el principal factor limitante del tamaño de camada en la población LP.

Palabras clave: Cruce, tamaño de la camada, ovulación, supervivencia prenatal, conejo.

Abstract: The aim of this study was to estimate the limiting litter size components in rabbit females from a Synthetic line (SL; n=32) and a Local population (LP; n=34). Ovulation rate, number of implanted, live embryos and resorbed embryos were counted by laparoscopy at 12 d after third mating. Prolificacy and embryonic, foetal and prenatal survival at birth were measured. Total litter size and mortality at birth were also recorded. SL females had a higher ovulation rate compared to the LP (11.03 ± 0.23 vs. 8.41 ± 0.23 *corpora lutea*; $P < 0.0001$). SL displayed a higher number of implanted embryos (10.00 ± 0.25 vs. 7.85 ± 0.25 embryos; $P < 0.0001$). No difference was found between groups for number of resorbed embryos. Similar embryonic, foetal and prenatal survival rates were reported between the SL and the LP. Additionally, total newborn was higher in the SL than in the LP (+1.46 kits; $P < 0.05$). In conclusion, ovulation rate seems to be the main limiting factor of litter size in the LP population.

Keywords: Crossbreeding, litter size, ovulation, prenatal survival, rabbit.

Introducción

En Argelia, se dispone de una población local (LP) de conejos, que está bien adaptada a las condiciones locales y de estrés por calor (Gacem y Bolet, 2005), y de una línea sintética (SL). La línea SL fue creada en 2003 mediante el cruce de hembras de la población LP con machos de la línea francesa INRA 2666 (Gacem y Bolet, 2005). El objetivo era crear una línea comercial que estuviera más adaptada a las condiciones de estrés por calor que las líneas comerciales europeas y tuviera una mayor productividad que la población local (LP). La población LP ha mostrado una menor tasa de crecimiento (Belabbas et al., 2019) y un menor tamaño de camada que la línea

comercial SL (Sid et al., 2018). Además, Belabbas et al. (2016) encontraron una menor tasa de ovulación y de embriones recuperados a las 72 h de gestación en las hembras LP que en las SL.

La conservación de la biodiversidad tiene un papel relevante en la lucha contra el cambio climático. Mejorar la productividad de las poblaciones adaptadas al estrés por calor es un punto imprescindible en el mantenimiento de la biodiversidad. El objetivo de este estudio fue identificar los componentes limitantes del tamaño de la camada en conejas de la línea sintética SL y de la población local LP.

Material y métodos

En este estudio se utilizaron un total de 32 hembras de la línea SL y 34 hembras de la población LP (ver más detalles de las líneas en Belabbas et al., 2019). Las hembras se aparearon por primera vez a las 18 semanas de edad y a los 10 días después del parto. Se realizó una laparoscopia a todas las hembras en el día 12 de la 3ª gestación. Se contó el número de cuerpos lúteos en ambos ovarios, el número de embriones implantados en ambos cuernos uterinos y el número de gazapos nacidos vivos y muertos.

Se analizaron las siguientes caracteres: peso corporal de las hembras en la monta, tasa de ovulación (estimada como el número de cuerpos lúteos en ambos ovarios), número total de embriones implantados (estimado como el número de puntos de implantación), número de embriones vivos (estimado como el número de tumefacciones uterinas normales), número de embriones reabsorbidos (estimado como el número de tumefacciones uterinas de pequeño tamaño y con un suministro vascular reducido), número total de gazapos nacidos al tercer parto, porcentaje de mortalidad al nacimiento, supervivencia embrionaria (calculada como el ratio del número de embriones implantados respecto a la tasa de ovulación multiplicado por 100), supervivencia fetal (calculada como el ratio del número de embriones vivos respecto al número total de gazapos nacidos multiplicado por 100), supervivencia prenatal (calculada como el ratio del número total de gazapos nacidos respecto a la tasa de ovulación multiplicado por 100).

El modelo empleado para analizar todos los caracteres incluyó solo el efecto grupo con dos niveles (hembras de la línea SL y hembras de la población LP). El número de embriones implantados y los nacidos totales se analizaron con y sin la covariable tasa de ovulación. Se utilizó el procedimiento GLM del paquete SAS (SAS Institute, 2019) para realizar el análisis de las variables descritas.

Resultados y discusión

Ambas líneas mostraron un peso corporal similar en la monta (Tabla 1). La tasa de ovulación fue un 24% mayor en las hembras SL que en las LP ($P < 0,0001$). Las hembras de la línea SL mostraron una tasa de ovulación similar a la reportada en otras líneas maternas (Ragab et al., 2014 en las líneas españolas; Salvetti et al., 2007 en las líneas francesas). La línea SL presentó un mayor número de embriones totales implantados que la población LP (10 embriones vs. 7,85 embriones, respectivamente; $P < 0,0001$). Esta diferencia desapareció cuando se incluyó la covariable tasa de ovulación en el modelo. El número de embriones vivos fue de 9,25 para las hembras SL y 7,52 para las LP ($P < 0,0001$). No se encontraron diferencias entre los grupos para el número de embriones reabsorbidos o la supervivencia embrionaria, fetal y prenatal. De acuerdo con otros trabajos, también en este estudio se encontró un mayor número de gazapos nacidos al parto en las hembras de la línea SL que en las LP (+1,46 gazapos; $P < 0,01$) (Belabbas et al., 2016; Sid et al., 2018). La diferencia para en el número de gazapos nacidos desapareció al incluir la tasa de ovulación como covariable en el modelo. Estos resultados indican que la diferencia entre los grupos se relaciona principalmente con su diferencia en la tasa de ovulación. La mortalidad al nacimiento fue similar entre los grupos.

Tabla 1. Componentes del tamaño de camada en hembras de la línea sintética y de la población local (medias por mínimos cuadrados \pm error estándar).

Carácter	Línea Sintética (n = 32)	Población Local (n = 34)	P
Peso vivo a la monta (g)	2983,15 \pm 33,43	2918,73 \pm 32,43	0,1715
Tasa de ovulación (cuerpos lúteos)	11,03 \pm 0,23	8,41 \pm 0,23	<0,0001
Embriones implantados	10,00 \pm 0,25	7,85 \pm 0,25	<0,0001
Embriones implantados _{TO}	8,92 \pm 0,22	8,87 \pm 0,22	0,8839
Embriones vivos	9,25 \pm 0,29	7,52 \pm 0,28	<0,0001
Embriones reabsorbidos	0,75 \pm 0,21	0,32 \pm 0,21	0,1645
Supervivencia embrionaria (%)	90,98 \pm 2,02	93,41 \pm 1,96	0,3924
Supervivencia fetal (%)	93,31 \pm 2,01	95,80 \pm 1,95	0,3781
Supervivencia prenatal (%)	88,44 \pm 2,86	81,44 \pm 2,78	0,0846
Nacidos totales (gazapos)	8,90 \pm 0,31	7,44 \pm 0,30	0,0016
Nacidos totales _{TO} (gazapos)	8,08 \pm 0,35	8,21 \pm 0,33	0,8257
Mortalidad (%)	7,51 \pm 1,77	4,21 \pm 1,72	0,1870

TO: el modelo incluyó la tasa de ovulación como covariable.

En conclusión, las hembras de la línea SL tuvieron un mayor número de gazapos nacidos al parto que las hembras de la población LP; la tasa de ovulación parece ser el principal factor limitante del tamaño de camada en la población LP.

Bibliografía: Belabbas R, Garcia ML, AinBaziz H, Berbar A, Zitouni G, Lafri M, Bouzouan M, Merrouche R, Ismail D, Boumahdi Z, Benali N, Argente MJ. 2016. Ovulation rate and early embryonic survival rate in female rabbits of a synthetic line and a local Algerian population. *World Rabbit Sci* 24:275-282. ■ Belabbas R, Garcia ML, AinBaziz H, Benali N, Berbar A, Boumahdi Z, Argente MJ. 2019. Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line. *Vet World* 12:55-62. ■ Gacem M, Bolet G. 2005. Creation d'une lignee issue du croisement entre une population locale et une souche europeenne. En: 11emes Journées de le Recherche Cunicole Novembre, Paris, France, pp 15-18. ■ Ragab M, Sanchez JP, Minguez C, Vicente JS, Baselga M. 2014. Litter size components in a full diallel cross of four maternal lines of rabbits. *J Anim Sci* 92:3231-3236. ■ Salvetti P, Guerin P, Theau-Clement M, Hurtaud J, Beckers JF, Joly T. 2007. Essais d'amelioration de la production d'embryons chez la lapine. En: 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, pp 41-44. ■ SAS Institute. 2019. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA. ■ Sid S, Benyoucef MT, Mefti-Korteby H, Boudjenah H. 2018. Performances de reproduction des lapines de souche synthetique et de population blanche en Algerie. *Livest Res Rural Dev* 30:7.

Utilización de técnicas de visión artificial para el seguimiento individual de gazapos alojados en grupo

Using artificial vision techniques for individual tracking of in-group housed rabbit kits

Sánchez JP^{1*}, Muñoz I², González O¹, Pascual M¹, Perucho O³, Alsina P¹, Piles M¹

¹Programa de Genética y Mejora Animal, IRTA, 08140 Caldes de Montbui, España.

²Programa de Calidad y Tecnología Alimentaria, IRTA, 17121 Monells, España.

³Programa de Infraestructuras Experimentales del Área de Producción Animal, IRTA, 08140 Caldes de Montbui, España.

*juanpablo.sanchez@irta.es

Resumen: Nuestro grupo está desarrollando dispositivos, métodos y algoritmos que permiten cuantificar los diferentes caracteres que intervienen en la definición de eficiencia alimentaria. Tradicionalmente estos caracteres eran el consumo y la ganancia de peso, pero con la consideración de nuevas tecnologías estamos incluyendo otros, por ejemplo la actividad física, el comportamiento o la disipación de energía medida a través de la variación en la temperatura corporal. La medida de la actividad de los animales alojados en grupo requiere el análisis de secuencias de imágenes, lo que implica la identificación de cada animal en cada una de las imágenes y establecer la relación entre las distintas posiciones de un mismo animal en las sucesivas imágenes. Tras esta identificación se podrá determinar la trayectoria de sus movimientos y con ello cuantificar su actividad física y su comportamiento. En el presente trabajo mostramos los avances obtenidos en las primeras etapas de desarrollo e implementación de una tecnología de visión artificial basada en redes neuronales profundas. Cuando en las imágenes en que queremos hacer la detección hay una gran distancia entre los gazapos, con pocas imágenes se consigue una identificación muy precisa ($mAP \geq 0.95$). Por el contrario, si los conejos se amontonan la calidad de la identificación se deteriora notablemente, pero incrementando el tamaño del conjunto de entrenamiento y aplicando técnicas de aumento de datos alcanzamos calidades de la identificación relativamente altas ($mAP=0.83$). Si la identificación es buena, el seguimiento de los gazapos en los sucesivos fotogramas no tiene mayor problema. Podemos concluir indicando que se dispone de un sistema de visión artificial que, si bien se ha de mejorar, ya permite el seguimiento individualizado de gazapos en engorde. Esperamos, no obstante, en las sucesivas implementaciones, conseguir hacer un seguimiento a tiempo real.

Palabras clave: Visión artificial, seguimiento individualizado, actividad, comportamiento, redes neuronales.

Abstract: Our research group is developing devices, methods and algorithms that allow quantifying the different characters that intervene in the definition of food efficiency. Traditionally these traits were consumption and weight gain, but with the consideration of new technologies we are including others, for example physical activity, behavior or energy dissipation measured through the variation in body temperature. The measurement of the activity of the animals housed in a group requires the analysis of image sequences, which implies the identification of each animal in each of the images and establishing the relationship between the different positions of the same animal in the successive images. After this identification, the trajectory of their movements can be determined and thus their physical activity and behavior can be quantified. In the present work we show the advances obtained in the first stages of development and implementation of an artificial vision technology based on deep neural networks. When there is a great distance between the kits in the images in which we want to make the detection, a very precise identification is achieved with few images ($mAP \geq 0.95$). On the contrary, if the rabbits are crowded, the quality of the identification deteriorates remarkably, but by increasing the size of the

training set and applying data augmentation techniques, we achieve relatively high identification qualities (mAP = 0.83). If the identification is good, the tracking of the kits in the successive frames has no major problem. We can conclude stating that we have an artificial vision system that, although it has to be improved, it already allows individualized monitoring of fattening kits. Nonetheless, we expect to improve its implementation such that this monitoring can be done in real time.

Keywords: Artificial vision, individual tracking, activity, behavior, neural networks.

Introducción

En los últimos años el grado de tecnificación de las explotaciones ganaderas ha aumentado de manera notoria (Calsamiglia et al., 2019). Ello ha supuesto la implementación de sistemas de monitoreo de la producción, del consumo de recursos, energía y agua, y de las condiciones ambientales (temperatura, iluminación, ventilación, niveles de determinados gases, etc.). La información aportada por estos sistemas ha permitido la toma de decisiones de manejo y la definición de estrategias de producción que han repercutido favorablemente en la productividad y el bienestar de los animales.

En particular en conejo, durante los últimos años, nuestro grupo de investigación ha estado trabajando en una línea relativa a la mejora genética de la eficiencia alimentaria en el engorde, para incrementar la cantidad de carne producida por kilo de alimento suministrado. En este contexto, se ha diseñado y producido un dispositivo para el registro individual del consumo de pienso (Sánchez et al., 2018). La información del consumo es indispensable para la implementación de programas de selección genética para la mejora directa de este carácter en animales alojados en grupo.

Un gran porcentaje de los recursos usados por el animal en crecimiento se destina a la actividad física que desarrolla. En porcino se ha demostrado que la selección para mejorar la eficiencia alimentaria reduciendo el consumo de pienso residual (la cantidad de pienso consumida por encima o por debajo de las necesidades de un animal) ha conducido a animales que desarrollan menos actividad física (Gilbert et al., 2019), lo que puede ocurrir también en otras especies como el conejo. Para monitorizar los movimientos de los gazapos hemos empezado a poner a punto un sistema de visión artificial basado en técnicas de inteligencia artificial que nos permite cuantificar el grado de actividad física de éstos. El objetivo último de nuestro desarrollo sería registrar esta información de la actividad física para poder incluirla en el proceso de evaluación genética para la selección por eficiencia alimentaria. Con este sistema esperamos además disponer de información para evaluar y cuantificar otros aspectos muy relevantes para la producción: el comportamiento, las interacciones entre los animales que forman los grupos o la detección precoz de brotes patológicos; y si se instala en las secciones de maternidad aspectos relacionados con las interacciones entre las madres y sus crías.

Nuestro propósito con la presente comunicación es dar a conocer al sector cunícola los avances en torno al desarrollo de este sistema de visión artificial, describiendo los métodos que implementa y presentando algunos resultados relativos a la capacidad de detección y seguimiento individual de gazapos alojados en grupo.

Material y métodos

Algoritmos de visión artificial y seguimiento individualizado de conejos

El primer paso para el seguimiento individualizado de objetos en una señal de video es disponer de un buen sistema de localización de cada uno de los objetos que queremos seguir, en nuestro caso los gazapos. El problema de localización de uno o varios objetos de una determinada clase (gazapo) en una imagen se conoce en el contexto de los métodos de visión artificial como "instance segmentation". Se trata de asignar cada píxel de una imagen a una de las distintas clases que hayamos definido (en nuestro caso sólo tenemos la clase gazapo y el fondo) y de agrupar los píxeles cercanos pertenecientes a una misma clase para definir los distintos

objetos (gazapos) que de esa clase hay en la imagen, pudiendo así contarlos o realizar un seguimiento (tracking). Una de las herramientas más avanzadas y eficientes para realizar la “instance segmentation” es la librería MaskR-CNN (He et al., 2018), que se basa en algoritmos llamados redes neuronales profundas, en concreto del tipo convolucional de hasta 101 capas (ResNet101). El resultado de la aplicación de MaskR-CNN a una imagen será una tabla con tantas filas como objetos se hayan detectado en la imagen, recogiendo la clase a la que pertenece el objeto detectado y las coordenadas del rectángulo más pequeño que se puede definir para englobar dicho objeto. Para poder realizar la detección de los gazapos es preciso entrenar el sistema MaskR-CNN, este entrenamiento consiste en obtener los parámetros del algoritmo que permiten identificar los conejos en cualquier imagen. Se trata de un proceso de validación cruzada en el que se proporcionan imágenes (conjunto de entrenamiento) en las que se han identificado los conejos, esto se hace definiendo las áreas que los incluyen (anotación de las imágenes); por así decirlo, se dan imágenes en las que se conoce la solución. Con esta información, se van ajustando iterativamente el valor de los parámetros de la red neuronal profunda, estos parámetros se utilizarán para la detección de los gazapos en imágenes futuras que no estén anotadas. Como se trata de redes con una gran profundidad es imposible ajustar todos sus parámetros, lo que se hace es ajustar sólo los de las capas más superficiales, las que finalmente hacen la clasificación de si un píxel concreto pertenece a una clase de objeto u otra. Los coeficientes de las capas profundas de la red se mantienen igual a los valores entrenados previamente en la detección de todo tipo de objetos, nosotros partimos de los coeficientes que ofrece el proyecto COCO (Lin et al., 2014). Estos parámetros de las capas profundas son de utilidad para la detección de patrones generales, comunes a cualquier tipo de imagen: ángulos, sombras, curvaturas, etc. Los valores de estos coeficientes procedentes de cualquier entrenamiento generalista no sólo serán válidos para nuestro problema específico, sino que probablemente serán mejores que los que nosotros pudiéramos obtener, ya que en estos proyectos generalistas se emplean centenares de miles de imágenes en los entrenamientos, mientras que nosotros vamos a disponer sólo de varios cientos o pocos miles de imágenes con los conejos identificados.

Una vez realizada la “instance segmentation” de la imagen, es decir, después de conocer la posición de los gazapos en cada imagen o fotograma, de lo que se trata es de poder ordenar estas regiones de interés para que en los sucesivos fotogramas la asignación que se hace de un área para un determinado animal corresponda siempre al mismo individuo. Para conseguir esto se emplean un programa que se llama SORT (Bewley et al., 2017) que implementa un algoritmo llamado Kalman-Filter. Este algoritmo superpone los rectángulos definidos en una imagen sobre los definidos en la imagen anterior, ordenándolos de manera que el grado de solapamiento de los rectángulos de esta imagen con los de la anterior sea máximo.

Recogida de imágenes: Entrenamiento e Identificación de los gazapos

El entrenamiento de la red neural se ha realizado utilizando fotos tomadas con una cámara de alta resolución (3.280 píxeles x 2.464 píxeles), colocada en el techo de la nave a unos 2 metros de altura de los conejos. La cámara estaba colocada para registrar la superficie de 4 jaulas de 75 cm x 75 cm cada una, en las que había 6 gazapos.



A)



B)

Figura 1. Ejemplos de imágenes. En el panel (A) los animales se diferencian fácilmente, en el panel (B) los animales se amontonan unos sobre otros.

Cada una de las imágenes utilizadas para el entrenamiento tuvieron un tamaño de 1.280 píxeles x 1.280 píxeles. Las imágenes para el entrenamiento se recogieron en 4 lotes de producción, y dentro de cada uno de ellos las imágenes representaban, de forma aleatoria, distintos momentos del engorde, desde los 35 a los 56 días de vida. En los primeros lotes las imágenes se escogieron de manera que los gazapos se podían distinguir entre ellos de forma muy precisa (Figura 1A), mientras que en el último lote se escogieron imágenes en las que los gazapos se amontonaban dificultando su identificación individual (Figura 1B). Además, en el último lote de entrenamiento se emplearon técnicas de aumento de datos que suponen someter de forma aleatoria las imágenes a giros y distorsiones, lo que permite aumentar la información disponible sin necesidad de llevar a cabo nuevas identificaciones en más imágenes de entrenamiento. En cada lote se reservó un grupo de imágenes anotadas para poder validar la precisión de las identificaciones que el sistema nos daba. Se dispone de un sistema manual de anotación de imágenes desarrollado por nosotros mismos en Python para preparar el conjunto de imágenes de entrenamiento. A pesar de que, obviamente, se requiere de intervención humana, es un sistema sencillo que permite anotar unas veinte imágenes por hora. En esta acción de anotación de lo que se trata es de perfilar, usando polinomios irregulares, cada uno de los conejos que aparecen en la imagen. El programa genera un fichero con las coordenadas de estos polinomios. Esta información, junto con la propia imagen, son los elementos de entrada para el entrenamiento del sistema MaskR-CNN.

Resultados y discusión

La identificación de los animales en imágenes en las que los individuos se situaban alejados unos de otros fue muy buena, alcanzándose con pocas imágenes de entrenamiento una precisión de la localización de los animales en las imágenes de validación muy elevada ($mAP \geq 0.95$) (Tabla 1). Como era de esperar, la utilización de imágenes en las que unos individuos se sitúan sobre otros dificulta de manera notoria la localización. Hay que tener en cuenta que en algunas de las imágenes empleadas fue difícil, incluso para el ojo humano, determinar dónde acababa un individuo y empezaba el siguiente. No obstante, aumentando el número de imágenes de entrenamiento e incluyendo procedimientos complejos de aumento de datos, se consiguieron unas mejoras importantes en la calidad de la localización de los animales.

La Figura 2 muestra el patrón de descenso de la función de pérdidas que se minimiza en la red neural que emplea el sistema MaskR-CNN. Estas gráficas son las de la última acción de entrenamiento llevada a cabo (ver Tabla 1). No se aprecia ningún indicio de sobre-ajuste, ya que tanto la función de pérdidas calculada sobre imágenes de la base de datos de entrenamiento (panel A), como la calculada sobre la base de datos de validación (panel B) muestran un patrón decreciente o al menos no creciente.

Debido a la facilidad con la que podemos llevar a cabo las anotaciones, nuestra intención es seguir mejorando la capacidad de identificación de los animales por el sistema. Para ello, repetiremos el entrenamiento añadiendo imágenes anotadas en las que previamente no se había podido identificar a los animales de manera automática. De esta forma esperamos conseguir una nueva configuración de los parámetros del sistema que nos permita mejorar la mPA que ahora tenemos (0.83) en imágenes con animales amontonados.

Debido a la facilidad con la que podemos llevar a cabo las anotaciones, nuestra intención es seguir mejorando la capacidad de identificación de los animales por el sistema. Para ello, repetiremos el entrenamiento añadiendo imágenes anotadas en las que previamente no se había podido identificar a los animales de manera automática. De esta forma esperamos conseguir una nueva configuración de los parámetros del sistema que nos permita mejorar la mPA que ahora tenemos (0.83) en imágenes con animales amontonados.

Tabla 1. Entrenamientos del sistema MaskR-CNN.

Tamaño del conjunto de Entrenamiento	Tamaño del conjunto de Validación	Nº de épocas ^a	Nº de pasos/época ^a	Tipo de imagen ^b	Aumento de datos	mAP ^c
50	37	20	25	A	NO	0.95
156	44	20	100	A	NO	0.96
176	24	20	100	B	NO	0.69
331	24	10	50	B	Sí (Vertical)	0.76
331	24	20	100	B	Sí (45°)	0.76
331	24	30	150	B	Sí (Complejo)	0.83

^a Una época, en el argot de inteligencia artificial, queda definida cuando se han completado todos los pasos que la definen, siendo un paso cada una de las presentaciones de imágenes que se hace al algoritmo, en cada paso se puede presentar más de una imagen. Al finalizar una época todas las imágenes de entrenamiento habrán pasado por el algoritmo. En las sucesivas épocas el orden y la agrupación de las imágenes al presentarlas cambia de forma aleatoria.

^b Ver figura 1. ^c mAP=mean Average Precision en las imágenes de validación. Se puede interpretar como una correlación entre la clasificación de los píxeles en la imagen anotada que se usa para la validación y la clasificación que se hace con el algoritmo al mostrarle esta imagen.

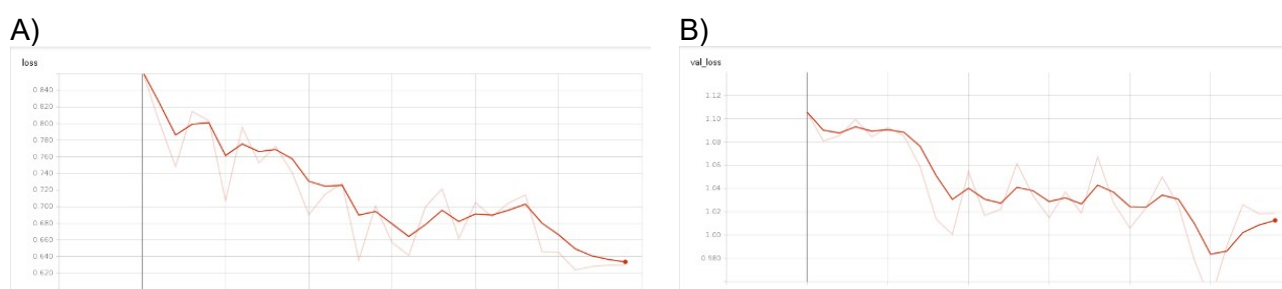


Figura 2.- Función de pérdidas al final de cada época a lo largo del último entrenamiento (ver Tabla 1). Panel A: Valor de la función de pérdida en la base de datos de entrenamiento. Panel B: Valor de la función de pérdidas en la base de datos de validación. La línea de color rojo claro representa los valores reales de la función de pérdidas y la línea de color rojo oscuro representa los valores después de aplicar una función de suavizado a las pérdidas reales.

Con respecto al seguimiento de los animales entre los distintos fotogramas de un video, de momento, las únicas pruebas que hemos podido realizar se han hecho utilizando unidades CPU standard y el tiempo de procesamiento del video es muy largo, del orden de 60 veces la duración del propio video. En este enlace se muestra un video con los resultados del seguimiento: <https://www.youtube.com/watch?v=LVPEWSoh-zk>. A pesar de que en el video no se aprecia mucha actividad, sí se puede ver como las identificaciones asignadas en el primer fotograma se mantienen de forma bastante constante a lo largo de todo el video, incluso cuando algún animal pasa junto (o incluso sobre) algún otro compañero. Estos resultados, junto con experiencias que ya tenemos en relación al uso de unidades GPU (unidades gráficas de proceso), nos hacen ser optimistas de cara a pensar en conseguir un procesamiento de imágenes casi a tiempo real, lo que va a ser fundamental para poder trazar los movimientos y cuantificar la actividad de cada animal específicamente. Es decir, si no conseguimos procesar segmentos de video largos o muy largos (varias horas), va a ser muy difícil poder vincular los registros del seguimiento con las identificaciones reales de los animales. Esto se debe a que de un video a otro perderemos la vinculación que podamos haber establecido entre las identificaciones reales (el tatuaje) y las hechas por el sistema de visión artificial (los números que se ven el video). No obstante, la identificación de los animales a la entrada al comedero electrónico podría ser útil para relacionar las identificaciones de un video a otro.

El video que se muestra en el enlace se ha podido realizar al obtenerse una tabla en la que se indica para cada fotograma las coordenadas del rectángulo que rodea a cada uno de los conejos identificados. La forma básica de esta información es la que se presenta en la Tabla 2. Esta información es la que tendremos que procesar para poder determinar el grado de variación

de la actividad de los animales alojados en una jaula, y usando información de pedigree, ver si esta variación tiene un origen genético. Si se consigue hacer un seguimiento individual preciso podemos asignar a cada animal un registro, de lo contrario deberemos trabajar con medias de actividad promedio de jaula, utilizando modelos específicamente desarrollados para trabajar con estos datos promedio (Piles y Sánchez, 2019).

Tabla 2. Coordenadas de los rectángulos alrededor de los conejos en dos fotogramas.

Fotograma	Identificación	Pixel-X1	Pixel-Y1	Pixel-X2	Pixel-Y2
1	6	107	314	465	660
1	5	895	247	1280	483
1	4	34	53	281	487
1	3	75	681	516	973
1	2	857	29	1280	280
1	1	981	684	1239	1075
2	6	123	335	456	662
2	5	888	255	1274	503
2	4	42	58	280	495
2	3	82	682	507	966
2	1	967	676	1234	1074

Como conclusión podemos señalar que se dispone de un sistema de visión artificial que nos permite identificar y seguir gazapos alojados en grupo. Esta información puede servir para cuantificar, entre otras cosas, la variación individual que puede haber en la actividad física. Se trata de un desarrollo en ciernes que esperamos en los próximos meses mejorar, implementándolo en unidades gráficas de proceso (GPUs) y enriqueciendo el entrenamiento.

Agradecimientos: Esta actividad se ha desarrollado con la financiación del proyecto del plan nacional GENE2 (RTI2018-097610-R-I00).

Bibliografía: Bewley A, Ge Z, Ott L, Ramos F, Upcroft B. 2017. Simple Online and Realtime Tracking. <https://arxiv.org/pdf/1602.00763.pdf> ■ Calsamiglia S, Castillejos L, Gasa J, López-Vergé S, Mainau E, Manteca X, Navarro E. 2019. Tecnificación inteligente y rentable de las granjas catalanas: el proyecto SMARTFARM. <https://www.uab.cat/web/detalle-noticia/tecnificacion-inteligente-y-rentable-de-las-granjas-catalanas-el-proyecto-smartfarm-1345680342040.html?noticiaid=1345796509819> ■ Gilbert H, Billon Y, Brossard L., et al. 2019. ■ Review: divergent selection for residual feed intake in the growing pig. *Animal* 11(9):1427-1439 ■ He K, Gkioxari G, Dollár P, Girshick R. 2018. Mask R-CNN. <https://arxiv.org/pdf/1703.06870v3.pdf> ■ Lin T-Y, Maire M, Belongie S, Hays J, Perona P, Ramanan D, Dollár P, Zitnick C. 2014. Microsoft COCO: Common Objects in Context. En: ECCV. Lecture Notes in Computer Science, vol. 8693, pp. 740-755. ■ Piles M, Sánchez JP. 2019. Use of group records of feed intake to select for feed efficiency in rabbit. *J Anim Breed Genet* 136:474-483. ■ 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.

Los conejos silvestres como reservorio de *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina

Wild rabbits as a reservoir for methicillin-resistant Staphylococcus aureus

Martínez-Seijas C*, Moreno-Grua E, Perez-Fuentes S, Viana D, Cardells J, Lizana V, Aguiló-Gisbert J, Corpa JM, Selva L

Dept. de Producción y Sanidad Animal (PASAPTA), Universidad Cardenal Herrera CEU, C/ Tirant lo Blanc 7, 46115 Alfara del Patriarca (Valencia), España.

*carmenmartinezseijas@uchceu.es

Resumen: La bacteria *Staphylococcus aureus* es un patógeno oportunista que afecta a humanos y una amplia variedad de mamíferos. Su capacidad de adaptación al ambiente le permite desarrollar resistencias a los antimicrobianos, uno de los principales problemas de salud pública y animal. El conejo es uno de los hospedadores habituales de *S. aureus*, y en numerosas ocasiones actúa como portador asintomático en las granjas, pudiendo derivar en una alta incidencia de enfermedades relacionadas. En el entorno silvestre, los conejos también pueden actuar como reservorio para la infección de humanos y otros animales. Con el fin de conocer mejor la presencia de *S. aureus* y en concreto de *S. aureus* Resistente a Meticilina (SARM) en los conejos de vida silvestre, se llevó a cabo un muestreo de las presas de caza obtenidas por los cazadores en cotos de alta densidad de la Comunidad Valenciana. Sorprendentemente, se halló una elevada prevalencia de animales portadores de *S. aureus*, y un gran porcentaje de los aislados resultaron ser SARM. El porcentaje de prevalencia fue variable entre las localizaciones, habiendo ciertos distritos con una prevalencia de SARM superior al 50%. La localización anatómica más frecuente fue la oreja, y la mayoría de las cepas pertenecieron a dos complejos clonales: CC130 y CC425, aunque se aislaron otros con una prevalencia menor.

Palabras clave: *Staphylococcus aureus*, conejos silvestres, SARM, coto de caza de alta densidad.

Abstract: *Staphylococcus aureus* is an opportunistic pathogen, affecting humans and many other mammals. It is bacterium with great ability to adapt to environments, so that it has a high facility to develop resistance to antimicrobials, which is a problem for animal and public health. The rabbit is one of the usual hosts of *Staphylococcus aureus*, and the role of asymptomatic carriers in rabbit farms has been observed many times as a reservoir for a high incidence of diseases. However, not much is known about the wild rabbits that, despite being free, can also act as a reservoir for the infection of humans and other animals. To better understand the presence of *Staphylococcus aureus* and particularly Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in wild rabbits, a sampling of hunting prey obtained by hunters in high-density reserves of the Valencian Community was carried out. Surprisingly, a high prevalence of *S. aureus* carriers was found, and a large percentage of the positive isolates turned out to be MRSA. The prevalence percentage was variable between villages, with certain districts having a prevalence of MRSA greater than 50% among positive isolates. The most frequent anatomical location was the ear, and most of the isolates belonged to two clonal complexes: CC130 and CC425, although others were isolated but with a very low prevalence.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, wild rabbits, MRSA, high-density reserve.

Introducción

S. aureus es una bacteria que afecta a humanos y a numerosas especies animales, tanto domésticas como silvestres. Además, es un microorganismo ubicuo difícil de eliminar, formando

parte de la microbiota habitual de la piel y la mucosa oral y nasal de sus hospedadores. Puede provocar diferentes tipos de infecciones gracias a la diversidad de factores de virulencia que posee: desde infecciones superficiales en la piel hasta patologías graves como neumonía (Redelman et al., 2012).

Uno de los problemas más importantes de este patógeno es la resistencia a los antimicrobianos. El aumento de las resistencias en los últimos años se ha convertido en un grave problema que afecta a la salud pública. *S. aureus* tiene una gran capacidad para adquirir múltiples mecanismos de resistencia a varios agentes antimicrobianos (van Belkum et al., 2009), lo que limita sus opciones terapéuticas. La aparición generalizada de aislados de *S. aureus* productores de β -lactamasa hizo que los primeros antibióticos de tipo penicilina fueran ineficaces (Cheng et al., 2016). Como consecuencia, una de las resistencias más importantes en esta bacteria es la resistencia a la meticilina. En humanos, las cepas de *S. aureus* resistentes a la meticilina adquiridas en la comunidad (SARM-AC) han aumentado su importancia desde 1990 debido al aumento de las infecciones por estos patógenos en todo el mundo (Miller et al., 2009). Años más tarde, se descubrieron cepas de *S. aureus* asociadas a la ganadería (SARM-AG) en diferentes especies animales.

Uno de los genes implicados en la resistencia a la meticilina es el gen *mecA*. Este gen está integrado en un gran elemento genético móvil, el cromosoma *mec* del *cassette estafilocócico* (*SCCmec*) (Katayama et al., 2000). Posteriormente, se detectó un homólogo de *mecA*, designado *mecC*, con una amplia distribución geográfica en Europa y gran diversidad de hospedadores (Shore et al., 2011). Esto, así como la observación de varios alelos de *mecA* en estafilococos animales (Couto et al., 1996; Monecke et al., 2012), indica que los genes *mec* junto con otros genes de resistencia a los antimicrobianos podrían tener un reservorio en cepas animales de *Staphylococcus*.

El conejo es uno de los animales más susceptible a *S. aureus*. Esta bacteria puede causar serias pérdidas económicas en producción cunícola comercial (Corpa et al., 2009). El primer caso de SARM-AG perteneciente al clon ST398 se aisló en una granja comercial de conejos de Italia, que además involucró a trabajadores agrícolas y sus familiares (Agnolletti et al., 2014). Años más tarde, se describieron las cepas de SARM pertenecientes a los complejos clonales CC96, CC146 y CC130, de varias granjas de la Península Ibérica. En este estudio, se detectaron por primera vez cepas con el gen *mecC* (Moreno-Grúa et al., 2018).

En estudios recientes, se detectó una alta tasa de portadores de *S. aureus* entre animales silvestres, incluido el conejo europeo, y lo más relevante fue que todos los aislados eran SARM y portaban el gen emergente *mecC* (Ruiz-Ripa et al., 2019). Los animales silvestres no están directamente en contacto con agentes antimicrobianos, por tanto, la procedencia de sus cepas SARM podrían proceder de fuentes humanas y de ganado doméstico. De este modo, la vida silvestre podría actuar como reservorio y vehículo de transmisión de elementos de resistencia a los antimicrobianos (Carroll et al., 2015).

El papel de *S. aureus* como posible patógeno o colonizador en poblaciones silvestres de estas especies animales aún no se ha estudiado sistemáticamente. Además, está por determinar el papel del nuevo alelo *mecC*, como una evolución de *mecA*, y sus ventajas sobre este. Por todo ello, es importante estudiar la epidemiología y la evolución del gen *mecC* en SARM mediante la vigilancia en la vida silvestre, animales de compañía, ganado y humanos. Asimismo, el papel de los lagomorfos silvestres como reservorio de *S. aureus* no se ha estudiado en profundidad. En áreas de alta densidad de conejos, la interacción entre éstos y otros animales es mayor y, por lo tanto, la probabilidad de transmisión de *S. aureus* también será mayor.

Por estas razones, este estudio establece los siguientes objetivos: (1) conocer el papel de los conejos y liebres silvestres como reservorio de *S. aureus* en áreas de alta densidad de lagomorfos; (2) caracterizar cepas de *S. aureus* aisladas de lagomorfos silvestres; (3) estudiar la prevalencia de cepas de SARM en la población silvestre; (4) y conocer el perfil de resistencia a los antibióticos de las cepas aisladas.

Material y métodos

Animales, muestreo y genotipado

Se tomaron muestras de 353 conejos silvestres (*Oryctolagus cuniculus*) y 10 liebres (*Lepus granatensis*) en cotos de caza ubicados en 14 comarcas de alta densidad de la Comunidad Valenciana, para verificar la presencia de *S. aureus*. Los distritos de alta densidad de lagomorfos fueron definidos por el Gobierno de la Comunidad Valenciana (Orden del 11 de junio de 2009 y actualizados por Resolución del 20 de noviembre de 2018 (DOGV, 2018), permitiéndose la caza durante todo el año. Para llevar a cabo este estudio, se tomaron muestras de cavidad nasal, orejas y perineo con torundas estériles. Las muestras se sembraron en placas de agar sangre (agar Columbia BD® con sangre de oveja al 5%) y las cepas de *S. aureus* se identificaron en base a sus características de crecimiento morfológico, sus propiedades hemolíticas y la tipificación molecular del gen *coa* (Viana et al., 2007). Posteriormente, los aislados fueron genotipados mediante MLST (Enright et al., 2000).

Detección de los genes *mecA* y *mecC*

Se realizó PCR de todas las cepas positivas para detectar la presencia de los genes *mecA*, *mecC* y la presencia del 16S rRNA como control por PCR. Todos los cebadores fueron sintetizados por Sigma-Aldrich®. Se usaron tres conjuntos de cebadores en un procedimiento de PCR múltiple (Geha et al., 1994; Khairalla et al., 2017).

Pruebas de sensibilidad a antibióticos

La susceptibilidad a los antibióticos de los aislados de SARM se determinó mediante el método de disco-difusión en agar Mueller-Hinton (agar BD® Mueller Hinton II), de acuerdo con las recomendaciones del Instituto de Normas Clínicas y de Laboratorio (CLSI). La prueba de disco-difusión en agar se realizó con 15 antibióticos: bacitracina (10 U), enrofloxacin (5 µg) (OXOID), amoxicilina-ácido clavulánico (20/10 µg, respectivamente), estreptomycin (10 µg), espiramicina (100 µg), sulfadiazina (25 µg), cloranfenicol (30 µg) (BD), doxiciclina (30 µg), eritromicina (15 µg), gentamicina (10 µg), neomicina (30 µg), penicilina (10 U), tetraciclina (30 µg), cefoxitina (30 µg), trimetoprima / sulfametoxazol (1.25 µg / 23.75 µg, respectivamente) y vancomicina (30 µg y 5 µg) (BIO-RAD). La cepa ATCC 25923 de *S. aureus* y la cepa ATCC 29212 de *Enterococcus faecalis* se usaron como controles en la prueba de susceptibilidad. La selección de antibióticos se basó en las familias de antibióticos más utilizados en la cunicultura.

Resultados y discusión

De todos los conejos y liebres silvestres analizados en este estudio, el 41,3% (150/363) resultaron portadores de *S. aureus* en al menos una de las ubicaciones muestreadas (cavidad nasal, orejas o perineo). El 57,8% (140/244) de los aislados de *S. aureus* fueron SARM. De los 150 aislados de *S. aureus*, el gen *mecA* se detectó en 1 animal (0,7% de los animales positivos) y el gen *mecC* se detectó en 94 animales (62,7% de los animales positivos).

El porcentaje de animales portadores de *S. aureus* fue variable entre los diferentes cotos muestreados, así como el porcentaje de muestras en las que se amplificaron los genes *mecA* o *mecC*. Los pueblos en los que se encontró una mayor prevalencia de animales portadores de *S. aureus* fueron Pedralba, Castelló de Rugat y Alfafara. Además, Alfafara y Pedralba fue donde se encontró un mayor porcentaje de SARM, casi todas las muestras portaron el gen *mecC*.

Al considerar la ubicación en el animal, la localización auricular fue con diferencia el lugar donde se aislaron más muestras positivas y mayor porcentaje de SARM. Este hallazgo también se observó anteriormente en conejos comerciales donde la presencia de *S. aureus* se aisló principalmente de muestras de orejas y perineo entre nueve ubicaciones anatómicas diferentes (Hermans et al., 1999).

La mayoría de las cepas aisladas de animales pertenecieron al complejo clonal CC130. El siguiente complejo clonal más frecuente fue el CC425. Los otros complejos clonales encontrados fueron CC5, CC121 y CC398, pero se aislaron con muy baja frecuencia. Las cepas de *S. aureus* aisladas de las fosas nasales / oreja / perineo y lesiones en el mismo animal estaban relacionadas clonalmente en el 100% de los animales. Solo un caso presentó una cepa de una lesión diferente de las cepas aisladas en las fosas nasales y el perineo del mismo animal. Según publicaciones anteriores, el transporte de *S. aureus* en conejos podría ser un riesgo para el desarrollo de infecciones clínicas (Selva et al., 2015).

La mayoría de los animales muestreados fueron conejos silvestres. De los 363 animales analizados, solo 10 eran liebres y solo una de ellas que provenía de Cheste era portador de *S. aureus*. La cepa aislada de esta liebre resultó sensible a meticilina (SASM) y tenía un complejo clonal diferente (CC121) de las cepas aisladas de conejos del mismo distrito (CC5, CC130, CC398 and CC425).

Todas las cepas de SARM aisladas con el gen *mecC* pertenecieron al complejo clonal CC130, excepto una que era ST5828, un complejo clonal aún no descrito previamente. Solo hubo una cepa SARM con el gen *mecA*, que perteneció al CC398. El complejo clonal CC130 es frecuente que esté asociado a cepas SARM (Shore et al., 2011).

En general, todos los aislados fueron totalmente susceptibles a todos los antibióticos probados, excepto los SARM que resultaron resistentes a los β -lactámicos y, en 7 casos, a la bacitracina. La única cepa aislada con el gen *mecA* fue resistente a varias familias de antibióticos. A pesar de que la mayoría de los aislados SARM presentaron resistencia a cefoxitina y penicilina, había una pequeña porción de cepas que fueron sensibles a estos antibióticos. Estudios previos han demostrado que la prueba de difusión de disco de cefoxitina sirve para predecir la presencia de genes de resistencia a meticilina en *S. aureus* (Cauwelier et al., 2004; Swenson et al., 2005), sin embargo, en este estudio en una proporción de cepas (49/140) esto no fue así. Por lo tanto, como ya se señala en otros estudios, la detección de genes *mecA* / *mecC* resulta ser la prueba más fiable para detectar resistencia a la meticilina entre los estafilococos (Moreno-Grúa et al., 2018).

Por tanto, los resultados de este trabajo indican que los lagomorfos silvestres pueden actuar como reservorio de las cepas SARM. En el caso del este de España, el complejo clonal CC130 portador del gen *mecC* parece ser el más prevalente entre conejos y liebres. Sería conveniente realizar estudios en zonas de baja densidad de animales y en otras regiones españolas y europeas, para conocer la extensión de las cepas SARM entre los lagomorfos y otras especies.

Agradecimientos: El presente estudio ha sido financiado gracias al Ministerio de Ciencia e Innovación (PID2020-117897RB-100) y a la Universidad CEU Cardenal Herrera (FUSP-PPC-19-2913FDE2, INDI20/10 y contrato predoctoral Carmen Martínez). Así mismo, agradecer a todas las personas que han colaborado en la realización de este estudio.

Bibliografía: Agnoletti F, Mazzolini E, Bacchin C, Bano L, Berto G, Rigoli R, Muffato G, Coato P, Tonon E, Drigo I. 2014. First reporting of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ST398 in an industrial rabbit holding and in farm-related people. *Vet Microbiol* 170:172-177. ■ Carroll D, Wang J, Fanning S, McMahon BJ. 2015. Antimicrobial resistance in wildlife: Implications for Public Health. *Zoonoses Public Health* 62:534-542. ■ Cauwelier B, Gordts B, Descheemaeker P, Van Landuyt H. 2004. Evaluation of a disk diffusion method with cefoxitin (30 microg) for detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Eur J Clin Microbiol* 23:389-392. ■ Corpa JM, Hermans K, Haesebrouck F. 2009. Main pathologies associated with *Staphylococcus aureus* infections in rabbits: a review. *World Rabbit Sci* 17:115-125. ■ Cheng MP, Rene P, Cheng AP, Lee TC. 2016. Back to the future: penicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*. *Am J Med* 129:1331-1333. ■ Couto I, de Lencastre H, Severina E, Kloos W, Webster JA, Hubner RJ, Sanches IS, Tomasz A. 1996. Ubiquitous presence of a *mecA* homologue in natural isolates of *Staphylococcus sciuri*. *Microb Drug Resist* 2:377-391. ■ DOGV (*Diario Oficial Comunidad Valenciana [Valencian Region Official Gazette]*) 2018. Resolution of November 20, 2018, of the Director General of Natural Environment and Environmental Assessment, which Updates the Annex of the Order of June 11, 2009, of the Ministry of

Environment, Water, Urban Planning and Housing, which Approves Extraordinary Guidelines for the Use, Management and Control of the Mountain Rabbit in the Valencian Region, Relative to the List of Municipal Terms Affected by Overpopulation of Mountain Rabbit. DOGV No. 8437 from 12.04.2018. Available online: http://www.dogv.gva.es/portal/ficha_disposicion.jsp?L=1&sig=010983%2F2018 (accessed on 25 February 2020). ■ Enright MC, Day NP, Davies CE, Peacock SJ, Spratt BG. 2000. Multilocus sequence typing for characterization of methicillin-resistant and methicillin-susceptible clones of *Staphylococcus aureus*. *J Clin Microbiol* 38:1008-1015. ■ Geha DJ, Uhl JR, Gustaferro CA, Persing DH. 1994. Multiplex PCR for identification of methicillin-resistant staphylococci in the clinical laboratory. *J Clin Microbiol* 32:1768-1772. ■ Hermans K, De Herdt P, Devriese LA, Hendrickx W, Godard C, Haesebrouck F. 1999. Colonization of rabbits with *Staphylococcus aureus* in flocks with and without chronic staphylococcosis. *Vet Microbiol* 67:37-46. ■ Katayama Y, Ito T, Hiramatsu K. 2000. A new class of genetic element, staphylococcus cassette chromosome mec, encodes methicillin resistance in *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Agents Ch* 44:1549-1555. ■ Khairalla AS, Wasfi R, Ashour HM. 2017. Carriage frequency, phenotypic, and genotypic characteristics of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from dental health-care personnel, patients, and environment. *Sci Rep* 7:7390. ■ Miller LG, Kaplan SL. 2009. *Staphylococcus aureus*: A community pathogen. *Infect Dis Clin N Am* 23(1):35-52. ■ Monecke S, Muller E, Schwarz S, Hotzel H, Ehricht R. 2012. Rapid microarray based identification of different mecA alleles in Staphylococci. *Antimicrob Agents Ch* 56:5547-5554. ■ 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. *Front Microbiol* 9:1812. ■ Redelman CV, Maduakolam C, Anderson GG. 2012. Alcohol treatment enhances *Staphylococcus aureus* biofilm development. *FEMS Immunol Med Mic* 66(3):411-418. ■ Ruiz-Ripa L, Alcalá L, Simón C, Gómez P, Mama O, Rezusta A, Zarazaga M, Torres C. 2019. Diversity of *Staphylococcus aureus* clones in wild mammals in Aragon, Spain, with detection of MRSA ST130-mecC in wild rabbits. *J Appl Microbiol* 127:284-291. ■ Selva L, Viana D, Corpa J.M. 2015. *Staphylococcus aureus* nasal carriage could be a risk for development of clinical infections in rabbits. *World Rabbit Sci* 23:181-184. ■ Shore AC, Deasy EC, Slickers P, Brennan G, O'Connell B, Monecke S, Ehricht R, Coleman DC. 2011. Detection of staphylococcal cassette chromosome mec type XI carrying highly divergent mecA, mecl, mecR1, blaZ, and ccr genes in human clinical isolates of clonal complex 130 methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Agents Ch* 55:3765-3773. ■ Swenson JM, Tenover FC, Cefoxitin Disk Study Group. 2005. Results of disk diffusion testing with cefoxitin correlate with presence of mecA in *Staphylococcus* spp. *J Clin Microbiol* 43:3818-3823. ■ van Belkum A, Melles DC, Nouwen J, van Leeuwen WB, van Wamel W, Vos MC, Wertheim HF, Verbrugh HA. 2009. Co-evolutionary aspects of human colonisation and infection by *Staphylococcus aureus*. *Infect, Genet Evol* 9:32-47. ■ Viana D, Selva L, Segura P, Penades JR, Corpa JM. 2007. Genotypic characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from rabbit lesions. *Vet Microbiol* 121:288-298.

Influencia del estrés por manejo sobre parámetros productivos en conejos de cebo evaluado mediante termografía infrarroja

Influence of handling stress on productive parameters in fattening rabbits evaluated by infrared thermography

Jaén-Téllez JA*, Sánchez-Guerrero MJ, Valera M, González-Redondo P

Dept. Agronomía, Área de Producción Animal, Universidad de Sevilla, 41013 Sevilla, España.

**juanantonio.jaentellez@gmail.com*

Resumen: Los conejos a menudo experimentan estrés cuando perciben ciertos estímulos, como la manipulación. La respuesta fisiológica de los animales al estrés está asociada con la eficiencia de la alimentación, de modo que, en general, los animales que tienen menor reacción a estímulos estresantes muestran mayor rendimiento productivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto del estrés por manipulación, evaluado mediante termografía infrarroja, sobre los parámetros de rendimiento de engorde de conejos similares fenotípicamente a la raza Antiguo Pardo Español. Treinta y nueve conejos fueron analizados durante un período de cebo de 38 días. Se evaluó el estrés de los conejos por la diferencia de temperatura en el oído interno antes y después de ser manipulados (DIF), mediante la siguiente escala: nivel 1 (no estresado): $DIF \leq 0$ °C; nivel 2 (levemente estresado): 0 °C < $DIF \leq 5$ °C; nivel 3 (estresado): 5 °C < $DIF \leq 10$ °C y nivel 4 (muy estresado): $DIF > 10$ °C. Dos días por semana se midieron las temperaturas, registrándolas una vez cuando el animal no había sido molestado y encontrándose en su jaula desde el día de muestreo anterior y otra vez 10 minutos después de su manipulación sosteniéndolo en brazos del cuidador durante 60 segundos. Los conejos con niveles más altos de estrés mostraron valores más altos de ganancia media diaria (GMD), consumo medio diario de alimento (CMD) e índice de conversión alimenticia (IC), que se incrementaron de 22,5 a 29,1 g/d, de 44,7 a 90,4 g/d y de 2,5 a 3,2, respectivamente. Se concluyó que los cambios en el bienestar animal causados por la reactividad de los conejos a factores de manejo como la manipulación afectan a la productividad, ya que cuanto mayor fue el estrés debido al manejo (mayor incremento de temperatura), menos eficientes fueron los animales.

Palabras clave: Termografía infrarroja, bienestar, conejo, rendimiento en cebo.

Abstract: Rabbits often experience stress when they perceive certain stimuli, such as handling. The physiological response of animals to stress is associated with feeding efficiency, so that, in general, animals that react less to stressful stimuli show higher productive performance. The aim of this study was to evaluate the impact of stress caused by handling, evaluated by infrared thermography, on the performance parameters of fattening rabbits of a strain with phenotype of the Spanish common breed. Thirty-nine rabbits were analysed during a 38-day fattening period. The stress of the rabbits was evaluated by the temperature difference in the inner ear before and after being handled (DIF), using the following scale: level 1 (not stressed): $DIF \leq 0$ °C; level 2 (slightly stressed): 0 °C < $DIF \leq 5$ °C; level 3 (stressed): 5 °C < $DIF \leq 10$ °C and level 4 (very stressed): $DIF > 10$ °C. Temperatures were recorded two days a week. On each sampling day, the temperature was first measured when the animal had not been disturbed and was in its cage since the previous sampling day, and a second measurement was taken 10 minutes after handling it by holding it in the arms of the caretaker for 60 seconds. Rabbits with higher stress levels showed higher values of average daily gain (ADG), daily feed intake (DFI) and feed conversion ratio (FCR), which increased from 22.5 to 29.1 g/d, from 44.7 to 90.4 g/d and from 2.5 to 3.2, respectively. In conclusion, the changes in animal welfare caused by the reactivity of rabbits to management factors such as handling affect productive performance since the higher the stress due to handling (higher increase in temperature), the less efficient the animals were.

Keywords: Rabbit, welfare, fattening performance; infrared thermography.

Introducción

Al seleccionar animales domésticos con fines productivos, la docilidad y el no tener miedo a las personas son características importantes para tener en consideración. Los conejos, al ser una especie domesticada más tardíamente, siguen conservando muchas características de sus ancestros salvajes, no habiéndose erradicado su miedo a los humanos, que son percibidos como un potencial depredador (Trocino y Xiccato, 2006), pudiendo experimentar un mayor o menor estrés debido al manejo (Xu, 1996). La respuesta al estrés conlleva una serie de cambios fisiológicos (Wingfield et al., 1997), produciéndose a corto plazo la activación del sistema nervioso simpático y la liberación de catecolaminas (norepinefrina y epinefrina) de las glándulas suprarrenales (Cunningham, 1999). La capacidad de cada animal para hacer frente a situaciones estresantes y adversas es diferente (Broom, 2011), estresándose de manera más intensa aquellos animales que son más excitables (Richardson y Herd, 2004). Los cambios fisiológicos causados por el estrés pueden tener efectos adversos en el rendimiento productivo de los conejos, afectándose distintos parámetros como la cantidad de alimento consumido, la ganancia de peso, el índice de conversión y la calidad de la carne obtenida (Kowalska et al., 2011). Los efectos adversos influyen en la viabilidad de la producción comercial de carne de conejo, en donde el período de engorde representa al menos el 40% de la vida del animal en la explotación y la mayor proporción de los costos de producción se destinan a la alimentación. Por ello, es de gran importancia determinar de forma eficiente los factores que producen estrés en los conejos de cebo y determinar este estrés de una forma objetiva, fácil y eficiente. El estrés se puede estimar, de forma objetiva, mediante biomarcadores y cambios en la temperatura corporal, y estos pueden analizarse utilizando diferentes técnicas: análisis bioquímico en la sangre (Möstl y Palme, 2002) y en las excretas (Von der Ohe y Servheen, 2002), en ambos casos evaluando el nivel de glucocorticoides o catecolaminas, o evaluando la termografía infrarroja (TIR; Jaén-Téllez et al., 2020). Los cambios en la temperatura de la superficie corporal como consecuencia del estrés agudo y crónico pueden ser detectados por termografía infrarroja (Nakayama et al., 2005; Stewart et al., 2005). La cámara termográfica mide la energía electromagnética, detectando las diferentes frecuencias de onda que emite cada valor de temperatura (Stewart et al., 2005). Su principal fortaleza es que es un método no invasivo y sin contacto que puede medir la temperatura de la superficie de los animales. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto del estrés por la manipulación, evaluado mediante termografía infrarroja, en conejos durante su fase de cebo sobre los parámetros de rendimiento productivo.

Material y métodos

Se utilizaron conejos domésticos comunes orientados a la producción de carne, fenotípicamente similares a la raza autóctona Antiguo Pardo Español. Durante el período experimental, los conejos fueron alojados individualmente en jaulas polivalentes de malla de alambre de 90 × 40 × 30 cm (largo, ancho y alto, respectivamente), ubicadas en una instalación convencional cerrada con ventilación natural de la Granja Didáctico-Experimental de la ETSI Agronómica de la Universidad de Sevilla (coordenadas: 37° 21' 36,3" N y 5° 56' 23,9" W; 11 m snm). Los animales estuvieron sometidos a un fotoperiodo natural. Los conejos fueron alimentados *ad libitum* con una dieta balanceada comercial granulada (15,0% de proteína bruta y 15,5% de fibra bruta) como único pienso. Se suministró agua *ad libitum*. Fueron utilizados un total de 39 conejos destetados, con una edad de 28 días y durante un período de cebo de 38 días. Los niveles de estrés de los animales se evaluaron con mediciones de TIR del oído interno, basándose en investigaciones previas de Jaén-Téllez et al. (2020) que mostraron que el oído interno es una región adecuada para evaluar el estrés en conejos utilizando la TIR. Los valores de temperatura se recogieron dos veces por semana (lunes y jueves) y dos veces al día: una vez a las 11:00 a.m. cuando el animal no había sido manipulado (NM) y encontrándose en su propia jaula desde el día de muestreo anterior y otra vez aproximadamente 10 minutos después de la manipulación del conejo (sostenido en brazos del cuidador durante sesenta segundos) (M). En total se tomaron 6 imágenes termográficas por cada conejo y día de muestreo: 3 fotografías con el conejo NM y 3 en el conejo M. Para cada momento (NM o M) se calculó la media entre las tres mediciones termográficas. Las imágenes de temperatura se tomaron con una cámara FLIR i7, siguiendo las indicaciones de Bartolomé et al. (2013), adaptadas para registrar la temperatura del

oído interno en conejos por Jaén-Téllez et al. (2020). Los conejos se pesaron después de la toma de las TIR. El peso del pienso consumido entre cada dos días de muestreo se controló, aprovechando la manipulación del conejo en la toma de las TIR, registrando el peso del pienso añadido al comedero en una fecha de muestreo y el peso sobrante en el comedero en el muestreo siguiente. Se calcularon los siguientes parámetros productivos:

- Consumo medio diario de alimento (CMD, g/d), calculado como: $CMD = \text{Diferencial de peso de alimento (g) entre dos fechas de recolección de datos} / \text{Días transcurridos entre esas dos fechas consecutivas de recolección de datos}$.
- Ganancia media diaria (GMD, g/d), calculada como: $GMD = \text{Diferencial de peso vivo (g) entre dos fechas consecutivas de recolección de datos} / \text{Días transcurridos entre esas dos fechas de recolección de datos}$.
- Índice de conversión de alimento (IC), calculado entre cada dos días consecutivos de recolección de datos como: $IC = \text{consumo de alimento (g)} / \text{ganancia de peso (g)}$.
- Peso vivo final (PVF).
- Ganancia de peso total (GPT) durante el periodo de engorde.
- Ingesta total de alimento (ITA) durante el período de engorde.

No hubo mortalidad de gazapos durante el ensayo.

Se realizó un análisis estadístico básico (media, mínimo, máximo y coeficiente de variación) para cada parámetro. Se realizó un Modelo Lineal General de medidas repetidas, utilizando un procedimiento mixto (Proc MIXED; SAS Institute, 2010), asumiendo una estructura de covarianza simétrica compuesta para efectos animales e incluyendo el nivel de estrés como covariable. Se consideró cada conejo destetado ($n = 39$) como unidad experimental para las variables productivas CMD, GMD e IC. Los niveles de estrés fueron definidos en función de la diferencia de temperatura infrarroja del oído interno en el conejo M y la temperatura infrarroja del oído interno en el conejo NM (DIF), siguiendo la propuesta de Jaén-Téllez et al. (2020). Según la distribución de temperatura, definimos cuatro niveles de estrés, clasificados en intervalos de cinco grados que aseguraron una muestra con suficiente tamaño por intervalo:

Nivel 1 (no estresado; $n = 17$): $DIF \leq 0 \text{ } ^\circ\text{C}$

Nivel 2 (levemente estresado; $n = 208$): $0 \text{ } ^\circ\text{C} < DIF \leq 5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Nivel 3 (estresado; $n = 114$): $5 \text{ } ^\circ\text{C} < DIF \leq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$

Nivel 4 (muy estresado; $n = 56$): $DIF > 10 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Tras comprobar que el nivel de estrés fue un factor significativo para los distintos parámetros productivos se realizó una prueba post-hoc de Tukey-Kramer para comparar la media mínimo cuadrática de cada uno de los niveles de estrés analizados. Para realizar los análisis estadísticos se utilizaron dos software específicos: Statistica v.12.0 (Statsoft, Inc. 1984-2014, Palo Alto, CA, EE.UU.) y paquete SAS (SAS Institute, 2010).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los estadísticos básicos de los parámetros de rendimiento productivo de los conejos durante el periodo de cebo. El CMD, la GMD y el IC se encuentran entre los parámetros de rendimiento más esenciales al evaluar la eficiencia productiva durante el engorde en una granja de conejos (Cartuche et al., 2014). De estos, IC es el parámetro más importante desde el punto de vista económico (Gidenne et al., 2017).

El IC mostró un valor medio de $3,18 \pm 0,06$, la GMD de $25,80 \pm 0,46$ g/d y el CMD $77,80 \pm 1,34$ g/d. Los valores de estos parámetros en los animales de este estudio fueron propios de una raza rústica no mejorada, con poco potencial genético para el consumo de alimento y crecimiento (González-Redondo, 2016). Gupta et al. (2000) indican que GMD y CMD están influenciados por la raza, al igual que el IC (Medellin y Lukefahr, 2011).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del rendimiento de los conejos analizados durante la fase de cebo.

Variables	N	Media \pm SE	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
PVF(g)	39	1383,4 \pm 40,42	577,3	1746,0	18,25
GPT (g)	39	940,2 \pm 30,91	350,5	1276,1	30,90
ITA (g)	39	2956,6 \pm 94,85	1390,7	3771,8	19,72
GMD (g/d)	39	25,8 \pm 0,46	1,7	58,7	35,24
CMD (g/d)	39	77,8 \pm 1,34	9,4	163,7	34,32
IC	39	3,18 \pm 0,06	0,55	6,66	34,55

N: n° de animales. PVF: Peso vivo final. GPT: Ganancia de peso total durante el periodo de engorde. ITA: Ingesta total de alimento durante el periodo de engorde. CMD: Consumo medio diario de alimento, GMD: Ganancia media diaria, IC: Índice de conversión alimenticia. SE: Error típico. C.V. Coeficiente de variación.

Los parámetros productivos GMG, CMD e IC mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), según los diferentes niveles de estrés establecidos por la diferencia de temperatura en el oído interno del conejo manipulado y sin manipular (Tabla 2).

Tabla 2. Modelo lineal general de medidas repetidas de los parámetros analizados relacionados con el comportamiento productivo de los conejos en la fase de cebo.

Factor	Grados de libertad	CMD		GMD		IC	
		F-Test	p-Valor	F-Test	p-Valor	F-Test	p-Valor
Nivel de estrés	3	16,38	<0,001	4,69	0,003	4,05	0,008

CMD: Consumo medio diario de alimento, GMD: Ganancia media diaria, IC: Índice de conversión alimenticia.

En general, el efecto del nivel de estrés se caracterizó porque los conejos con los niveles más bajos de estrés mostraron valores más bajos para los tres parámetros productivos estudiados (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis post-hoc de comparación de medias de mínimos cuadráticos mediante test de Tukey-Kramer de los parámetros productivos evaluados durante el cebo de los conejos, en función de los niveles de estrés.

	Nivel de estrés ¹			
	1	2	3	4
CMD (g/d)	44,71 ^a	75,21 ^b	81,06 ^b	90,41 ^c
GMD (g/d)	22,45 ^a	26,22 ^{ab}	24,25 ^a	29,14 ^b
IC	2,53 ^a	3,16 ^a	3,59 ^b	3,24 ^{ab}

¹Según diferencia de temperatura del oído interno entre conejo manipulado y sin manipular (DIF): Nivel 1 (no estresado, 17 registros): DIF ≤ 0 °C; Nivel 2 (levemente estresado, 208 registros): $0 < \text{DIF} \leq 5$ °C; Nivel 3 (estresado, 114 registros): $5 < \text{DIF} \leq 10$ °C y Nivel 4 (muy estresado, 56 registros): DIF > 10 °C. CMD: Consumo medio diario de alimento, GMD: Ganancia media diaria, IC: Índice de conversión alimenticia. ^{a-c}Diferentes letras en superíndice indican diferencias significativas entre los valores ($p < 0,05$).

En los animales menos estresados (nivel 1) el CMD fue 44,71 g/d, la GMD fue de 22,45 g/d y el IC fue de 2,53. En los animales muy estresados (nivel 4) se produjo mayor CMD (90,41), mayor GMD (29,14) y un IC intermedio (3,34). El mayor IC (3,59) se produjo en el nivel 3 de estrés. En nuestro ensayo, coincidiendo con los trabajos de Nkrumah et al. (2007) y Llonch et al. (2016) en vacas, los conejos que son más reactivos al efecto de la manipulación consumen más pienso (mayor CMD), aumentando así la GMD, pero no de manera eficiente, lo que conduce a un IC más alto. En efecto, el estrés agudo puede inducir hiperfagia con un mayor consumo de alimento (McMillan, 2013), que a su vez genera un mayor peso corporal (Silveira et al., 2000).

En conclusión, se ha demostrado que los parámetros de rendimiento fueron alterados por el nivel de reactividad individual a un efecto estresante, como fue el manejo. La reacción individual al estrés se manifiesta a través de la variación de temperatura, y esta respuesta al estrés se puede estimar de modo eficiente mediante TIR. Con el aumento de la capacidad de reaccionar al estrés, hubo una tendencia a aumentar el CMD, GMD y IC, que implica una disminución global del rendimiento de engorde.

Bibliografía: Bartolomé E, Sánchez MJ, Molina A, Schaefer AL, Cervantes I, Valera M. 2013. Using eye temperature and heart rate for stress assessment in young horses competing in jumping competitions and its possible influence on sport performance. *Animal* 7:2044-2053. ■ Broom D. 2011. Animal welfare: Concepts, study methods and indicators. *Rev Colomb Cienc Pec* 24:306-321. ■ Cartuche L, Pascual M, Gómez EA, Blasco A. 2014. Economic weights in rabbit meat production. *World Rabbit Sci* 22:165-177. ■ Cunningham J. 1999. *Fisiología veterinaria*, 2ª ed. McGraw Hill Interamericana, México D.F., México. ■ Gidenne T, Garreau H, Drouilhet L, Aubert C, Maertens L. 2017. Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Anim Feed Sci Technol* 225:109-122. ■ González-Redondo P. 2016. Resultados preliminares de rendimiento reproductivo y de engorde de un núcleo de cría de conejos de tipo Común Doméstico Español. En: XLI Symposium de Cunicultura. Hondarribia, España, pp. 180-185. ■ Gupta R, Prabhakar Rao V, Eswara Reddy C, Satyanarayana A, Reddy P. 2000. Feed intake and feed conversion ratio in purebred and crossbred broiler rabbits. *Indian J Anim Res* 34:64-67. ■ Jaén-Téllez J, Sánchez-Guerrero M, López-Campos J, Valera M, González-Redondo P. 2020. Acute stress assessment using infrared thermography in fattening rabbits reacting to handling under winter and summer conditions. *Span J Agric Res* 18:e0592. ■ Kowalska D, Gugoleka A, Bielansky P. 2011. Effect of stress on rabbit meat quality. *Ann Anim Sci* 11:465-475. ■ Llonch P, Somarriba M, Duthie C, Haskell M, Rooke J, Troy S, Roehe S, Turner S. 2016. Association of temperament and acute stress responsiveness with productivity, feed efficiency, and methane emissions in beef cattle: An observational study. *Front Vet Sci* 3:43. ■ McMillan F. 2013. Stress-induced and emotional eating in animals: A review of the experimental evidence and implications for companion animal obesity. *J Vet Behav* 8:376-385. ■ Medellín M, Lukefahr S. 2011. Breed and heterotic effects on postweaning traits in Altex and New Zealand White straightbred and crossbred rabbits. *J Anim Sci* 79:1173-1178. ■ Möstl E, Palme R. 2002. Hormones as indicators of stress. *Domest Anim Endocrinol* 23:67-74. ■ Nakayama K, Goto S, Kuraoka K, Nakamura K. 2005. Decrease in nasal temperature of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*) in negative emotional state. *Physiol Behav* 84:783-790. ■ Nkrumah J, Crews D, Basarab J, Price M, Okine E, Wang Z, Li C, Moore S. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. *J Anim Sci* 85:2382-2390. ■ Richardson E, Herd R. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. Part 2. Synthesis of results following divergent selection. *Aust J Exp Agric* 44:431-440. ■ SAS Institute. 2010. SAS/Stat User's Guide; SAS: Cary, NC, USA. ■ Silveira P, Xavier M, Souza F, Manoli L, Rosat R, Ferreira M, Dalmaz C. 2000. Interaction between repeated restraint stress and concomitant midazolam administration on sweet food ingestion in rats. *Brazilian J Med Biol Res* 33:1343-1350. ■ Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL. 2005. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Anim Welfare* 14:319-325. ■ Trocino A, Xiccato G. 2006. Animal welfare in reared rabbits: a review with emphasis on housing systems. *World Rabbit Sci* 14:77-93. ■ Von der Ohe CG, Servheen C. 2002. Measuring stress in mammals using fecal glucocorticoids: Opportunities and challenges. *Wildl Soc Bull* 30:1215-1225. ■ Wingfield J, Hunt K, Breuner C, Dunlap K, Fowler G, Freed L, Lepson J. 1997. Environmental stress, field endocrinology, and conservation biology. En: Clemmons JR y Buchholz R (eds.). *Behavioral Approaches to Conservation in the Wild*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 95-131. ■ Xu HT. 1996. The behaviour of the rabbit. En: 6th World Rabbit Congress. Toulouse, Francia, pp: 437-440.

Microbioma y resiliencia en conejos, ¿causa o efecto?

Microbiome and resilience in rabbits, cause or effect?

Casto-Rebollo C^{1*}, Argente MJ², García ML², Blasco A¹, Ibáñez-Escriche N¹

¹Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, 46021 València, España.

²Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández de Elche, 03312 Orihuela, España.

*cricasre@posgrado.upv.es

Resumen: La posibilidad de modificar el microbiota intestinal a través de probióticos ha suscitado un gran interés debido a su efecto en caracteres de interés de producción animal. La resiliencia es un ejemplo de carácter interesante, pero es difícil de medir directamente, por lo que se ha propuesto la varianza ambiental (VE) de los caracteres como indicador de resiliencia. En dos líneas de conejo seleccionadas divergentemente por VE, y usadas en este estudio, se encontró diferencias en resiliencia entre los animales. Los conejos pertenecientes a la línea de baja VE eran más resilientes que los de la alta VE. El objetivo de este estudio fue identificar bacterias, genes y metabolitos pertenecientes a la microbiota del ciego de las conejas que puedan estar modulando la VE del tamaño de camada (TC) y a su vez la resiliencia. Los datos fueron transformados usando el “additive log-ratio” debido a que son datos composicionales. Para identificar las bacterias, genes y metabolitos relevantes se realizaron análisis discriminantes de estructuras latentes (PLS-DA). Todos los modelos PLS-DA generados mostraron un rendimiento para la clasificación entre las líneas superior al 88%. Se destacaron las especies *Limosilactobacillus fermentum*, *Alistipes shahii* y *Acetatifactor muris* debido a su relación con la salud de los individuos. También se destacaron genes y metabolitos involucrados en el metabolismo de los aminoácidos aromáticos (AAA) fenilalanina, tirosina y triptófano. Este metabolismo podría ser clave para controlar la supervivencia y la virulencia de bacterias patógenas, teniendo efectos sobre la salud del individuo. Este estudio es uno de los primeros que marca la relación entre la microbiota intestinal y sus metabolitos con la VE y la resiliencia de los animales. Probióticos e inhibidores de los genes de la ruta de síntesis de los AAA podría ser una vía para modular estos caracteres. No obstante, se necesitan experimentos adicionales para validar estos resultados.

Palabras clave: Microbioma, metabolitos, resiliencia, varianza ambiental, conejos.

Abstract: The ability to modify the gut microbiota using probiotic has been increasing in interest because they have effect on traits of interest in livestock. The resilience is an example of interest trait, but is difficult to measure directly. For that, the environmental variance (VE) of traits has been proposed as indicator of animal resilience. In two rabbit lines selected divergently for high and low VE, and used in this study, it was found differences in resilience among animals. The rabbits belong to the line with a low VE were more resilient than the rabbit from the line with a high VE. The aim of this study was to identify bacteria, genes and metabolites from cecum of the rabbits which could modulate the VE and resilience. Data was transformed using the additive log-ratio transformation to consider the compositional nature of them. The relevant bacteria, genes and metabolites were identified using a partial least square-discriminant analysis (PLS-DA). All models showed a classification performance for each rabbit line higher than 88%. We highlighted the species *Limosilactobacillus fermentum*, *Alistipes shahii* and *Acetatifactor muris* because could be involved in the health status of the animal. Moreover, genes and metabolites related to the phenylalanine, tyrosine and tryptophan metabolism were highlighted. This metabolism could be a key pathway to control the survival and virulence of pathogens. This is a pioneer study which unravel the relation between the microbiome and their metabolites with the VE an animal resilience. Probiotics and inhibitors of the genes from the phenylalanine, tyrosine and tryptophan

metabolism could be important to modulate these two traits. However, further studies are needed to validate the results.

Keywords: Microbiome, metabolites, resilience, environmental variance, rabbits.

Introducción

En los últimos años se ha demostrado la relación entre los genes del individuo y su microbiota intestinal. Modular la comunidad bacteriana en el ciego de los animales, a través de probióticos, podría ser otra vía para controlar los caracteres de interés en la producción animal, sin necesidad de selección. La resiliencia es un carácter de especial interés debido a que tener animales más resilientes en las granjas involucraría tener animales más sanos, mejorar el bienestar animal y además tener una producción más uniforme y eficiente (Berghof et al., 2019).

La resiliencia es la habilidad que tiene el animal para mantener o recuperar rápidamente su producción a pesar de los cambios ambientales (Colditz y Hine, 2016). Medir la resiliencia es complejo, sin embargo, hay diversos estudios que consideran la varianza ambiental (VE) de los caracteres como un indicador de la resiliencia de los animales (Argente et al., 2019; Poppe et al., 2021). La resiliencia puede modularse a través del sistema inmunitario (Colditz & Hine, 2016). Estudios de asociación (Iung et al., 2019; Casto-Rebollo et al., 2020) y de huellas de selección (Casto-Rebollo et al., 2021) para la VE identificaron genes que podrían estar involucrados en el control del sistema inmunitario.

En este estudio se han usado animales pertenecientes a dos líneas de conejos seleccionadas divergentemente para alta y baja VE del tamaño de camada (TC) (Blasco et al., 2017). Los conejos pertenecientes a la línea de baja VE mostraron ser más resilientes que los de alta VE (Argente et al., 2019). Además, estas líneas presentaban también diferencias en biomarcadores inmunológicos (Beloumi et al., 2020). El objetivo de este estudio fue identificar bacterias, genes y metabolitos pertenecientes a la microbiota del ciego de las conejas que puedan estar modulando la VE del TC y a su vez la resiliencia.

Material y métodos

Los animales utilizados en este estudio pertenecían a la generación 13 de un experimento de selección divergente para alta y baja VE de TC, llevado a cabo en la Universidad Miguel Hernández de Elche. Las muestras fueron recogidas del ciego de 70 conejas (36 de la línea de alta VE de TC y 34 de la línea de baja VE de TC) sacrificadas tras su primer parto. Las muestras se homogeneizaron y se alicuotaron en tubos de 2mL para inmediatamente sumergirlas en nitrógeno líquido y almacenarlas a -80°C. La extracción del ADN bacteriano se realizó sobre una muestra de 0.1g usando el kit "DNeasy PowerSoil" de QIAGEN Inc. La concentración y la calidad del ADN se estimó con la plataforma Nanodrop ND-100 y se verificó con el fluorómetro Qubit™ de Invitrogen (Thermo Fisher Scientific). La secuenciación del ADN bacteriano se realizó con Illumina NextSeq 500 para un tamaño de lecturas pareadas de 150 pares de bases (pb). La profundidad de secuenciación media por muestra se estableció en 4.000.000 millones de lecturas pareadas con un mínimo de 2.000.000.

El control de calidad de las secuencias FASTQ se realizó con el programa FASTQ v.0.11.06 (Andrews, 2010). El ADN del hospedador (*Oryctolagus cuniculus*) se eliminó usando los programas Bowtie2 v4.1.2 (Langmead y Salzberg, 2012), SAMtools v1.2.1 (Li et al., 2009) y BEDTools v2.29.0 (Quinlan y Hall, 2010). Los adaptadores de Illumina usados para la secuenciación y las lecturas de baja calidad se eliminaron con el programa Trimmomatic v0.39 (Bolger et al., 2014). Los ficheros FASTQ limpiados se analizaron con el programa SqueezeMeta v1.3.1 (Tamames y Puente-Sánchez, 2019) en su configuración "default" para el modo "seqmerge". El programa permite realizar el alineamiento de las secuencias metagenómicas, usando diferentes bases de datos (GeneBank nr, eggNOG, KEGG y PFAM), para obtener la abundancia de los "contigs" anotados para cada rango taxonómico y funcional. Finalmente, las

bases de datos obtenidas contenían: 5008 genes (KEGG IDs) y 108 phylum, 277 familias, 647 géneros y 573 especies de bacterias.

Unas 28 de las 70 muestras se utilizaron también para estudiar el perfil metabolómico del ciego. La extracción e identificación de los metabolitos fue no dirigida y se llevó a cabo con la plataforma Discovery HD4 de la compañía Metabolon. Las muestras fueron preparadas usando el sistema automatizado MicroLab STAR® de la compañía Hamilton. Varios estándares de recuperación se añadieron para evaluar la calidad de los procedimientos. Para maximizar la recuperación de los metabolitos, las proteínas se precipitaron con metanol. La identificación de los metabolitos se realizó usando cromatografía líquida de alto rendimiento asociada a espectroscopia de masas-masas con ionización por electrospray. Se usaron controles de calidad para eliminar el ruido de fondo y los artefactos generados por el proceso o la variabilidad del instrumento. Un total de 725 metabolitos fueron identificados teniendo en cuenta su tiempo de retención (RI) y el ratio masa/carga. La cuantificación de los metabolitos se llevó a cabo teniendo en cuenta el área bajo la curva de los picos detectados.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el lenguaje de programación R (R Core Team). Los individuos anómalos fueron eliminados usando un análisis de componentes principales. Las variables (bacterias, genes o metabolitos) con más de un 20% de ceros también fueron eliminadas. Los ceros restantes fueron imputados usando diferentes metodologías: (a) random forest para metabolitos y (b) suma de una unidad a toda la base de datos para metagenómica. Todas las bases de datos fueron transformadas usando el “additive log-ratio” (Greenacre et al., 2021) para tener en cuenta la naturaleza composicional de los datos. Las variables importantes que permiten clasificar las dos líneas de conejos fueron identificadas usando un análisis discriminante de estructuras latentes (PLS-DA). La selección de las variables relevantes fue un proceso iterativo. Primero se calculó el número de componentes óptimo para usar en el modelo teniendo en cuenta el error de clasificación general, calculado con una validación cruzada de 4 bloques repetida 1000 veces. Posteriormente se seleccionó las variables que tenían una contribución en el modelo mayor a 1 (VIP>1). Estos pasos se repitieron hasta que el modelo PLS-DA registró el mejor rendimiento para la clasificación de cada una de las líneas. Finalmente, las variables relevantes incluidas en el modelo fueron analizadas con estadística bayesiana para ver si la probabilidad de la diferencia de las distribuciones marginal posterior de cada línea era mayor o menor a 0 (P_0). Todas aquellas variables incluidas en el modelo PLS-DA con un intervalo HPD₉₅ (Intervalo del 95% con mayor densidad posterior) que no incluyera el 0 y una P_0 mayor de 80% fueron destacadas.

Resultados y discusión

El análisis multivariante por PLS-DA identificó 294 genes, 48 bacterias y 29 metabolitos relevantes para la discriminación entre las líneas. Los modelos PLS-DA generados con estas variables registraron el mejor rendimiento para la clasificación entre las dos líneas de conejos, en todos los casos superior al 88% (Tabla 1). La mayoría de las variables incluidas en los modelos tenían una P_0 superior al 80% y no incluían el 0 en el intervalo HPD₉₅. Estos resultados sugieren que la selección por VE de TC ha modificado la composición microbiana y metabólica del ciego de los conejos, permitiendo así la diferenciación entre las líneas.

Tabla 1. Rendimiento de los modelos PLS-DA finales de genes, bacterias y metabolitos para la clasificación de las líneas de conejo de alta y baja varianza ambiental (VE).

	N	Componentes	Rendimiento de la clasificación (%)	
			Alta VE	Baja VE
Genes	294	5	96,98	98,94
Bacterias	48	2	92,58	88,86
Metabolitos	29	2	93,64	93,14

Del total de variables seleccionadas por los modelos PLS-DA, 3 bacterias, 13 genes y 7 metabolitos fueron destacados ya que podrían estar modulando la resiliencia a través del sistema inmunológico. Las especies de bacterias *Limosilactobacillus fermentum*, *Alistipes shahii* y *Acetatifactor muris* están relacionadas con la salud intestinal. *L. fermentum* se está probando como probiótico debido a su capacidad de modular el sistema inmunológico y competir con patógenos colonizadores como *Helicobacter pylori* y *Staphylococcus aureus*, entre otros (Rodríguez-Sojo et al., 2021). Igualmente, *A. shahii* es también una especie candidata para probiótico debido a sus efectos antiinflamatorios (Parker et al., 2020). Ambas bacterias se encontraron más representadas en la línea de baja VE (línea resiliente) con una P_0 mayor de 99%. Por otro lado, la especie *Acetatifactor muris* se encontró mayormente representada en la línea de alta VE (línea no resiliente) con un P_0 de 98.79%. Esta bacteria promueve la inflamación intestinal, pudiendo generar efectos adversos y procesos de disbiosis en el individuo (Lee et al., 2019). El sistema inmune es uno de los mecanismos importantes para el control de la resiliencia (Colditz & Hine, 2016). Controlar la abundancia de estas tres bacterias podría ser clave para la modulación de la resiliencia de los animales.

En cuanto a los genes identificados por el modelo PLS-DA, hay 7 genes involucrados en la ruta del Shikimate y la posterior síntesis de los aminoácidos aromáticos (AAA) fenilalanina, tirosina y triptófano. Además, otros 6 están involucrados en la síntesis del glutamato, molécula necesaria para la síntesis de los AAA. En este estudio se ha observado una mayor abundancia de estos genes en la línea de alta VE que en la de baja VE, con un P_0 mayor al 87%. La producción de estos metabolitos es esencial para la supervivencia de bacterias patógenas (como *Helicobacter pylori*) en el intestino, ya que promueven su metabolismo y crecimiento (Parthasarathy et al., 2018). Los animales son incapaces de producir estos aminoácidos, los cuales mayoritariamente se adquieren a partir de la dieta. Inhibidores de estos genes se han propuesto como una vía para controlar las infecciones bacterianas, evitando así los antibióticos tradicionales.

En línea con los genes, algunos de los metabolitos relevantes seleccionados por el PLS-DA son productos de la degradación de los AAA. Destacamos el ácido quinunérico con una abundancia mayor en la línea de baja VE (0.67 SD y $P_0=0.97\%$), y el antranilato con una abundancia mayor en la línea de alta VE (-0.61 SD y $P_0=0.95$). Ambos están relacionados con el metabolismo del triptófano. El ácido quinunérico producido en el intestino promueve la protección de la mucosa y tiene efectos inmunoreguladores, aumentando la salud intestinal (Agus et al., 2018). Al contrario que el antranilato, el cuál se ha visto que promueve la virulencia de las bacterias, pudiendo tener efectos negativos en la salud intestinal (Parthasarathy et al., 2018). La molécula de equol, también relacionada con la salud intestinal, debido a sus propiedades antioxidantes (Mayo et al., 2019), presentaba una mayor abundancia en la línea de baja VE, con un P_0 mayor al 99.85%. También se encontraron diferencias en 4 metabolitos intermediarios del ciclo de Krebs. La modulación de esa ruta es importante para la obtención de energía por parte de los microorganismos.

Este estudio es uno de los primeros que marca la relación entre la microbiota intestinal y sus metabolitos con la resiliencia de los animales. Las bacterias, los genes y metabolitos relevantes permiten clasificar los animales pertenecientes a cada línea de conejos seleccionados por alta y baja VE del TC con una precisión superior al 88%. Se han destacado especies bacterianas que podrían estar modulando la salud intestinal de los individuos. En la misma línea, se han encontrado genes y metabolitos relacionados con la síntesis y degradación de los AAA. Estas rutas son esenciales para la supervivencia de bacterias patógenas y modulan su virulencia. No obstante, se necesitan experimentos adicionales para validar estos resultados. Probióticos e inhibidores de los genes de la ruta de síntesis de los AAA podría ser una vía para modular la VE y la resiliencia animal.

Agradecimientos: Este estudio está financiado por el proyecto AGL2017-86083-C2-2-P del Ministerio de Ciencia e Innovación (MIC)-Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Cristina Casto Rebollo agradece al Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades por la beca FPU17/01196.

Bibliografía: Agus A, Planchais J, Sokol H. 2018. Gut microbiota regulation of tryptophan metabolism in health and disease. *Cell Host & Microbe* 23(6):716-724 ■ Andrews S. 2010. FastQC: A Quality Control Tool for High Throughput Sequence Data [Online] <https://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/> ■ 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* 10:1540 ■ Berghof TVL, Poppe M, Mulder HA. 2019. Opportunities to improve resilience in animal breeding programs. *Front Genet* 9:692 ■ Blasco A, Martínez-Álvarez M, García ML, Ibáñez-Escriche N, Argente MJ. 2017. Selection for environmental variance of litter size in rabbit. *Genet Sel Evol* 49:48 ■ Bolger AM, Lohse M, Usadel B. 2014. Trimmomatic: A flexible trimmer for Illumina Sequence Data. *Bioinformatics* 30:2114-2120. ■ 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 et al. 2021. Selection for environmental variance of litter size in rabbits involves genes in pathways controlling animal resilience. *Genet Sel Evol* 53:59 ■ Colditz IG, Hine BC. 2016. Resilience in farm animals: biology, management, breeding and implications for animal welfare. *Anim Prod Sci* 56:1961-1983. ■ Greenacre M, Martínez-Álvarez M, Blasco A. 2021. Compositional data analysis of microbiome and any-omics datasets: a revalidation of the additive logratio transformation. *bioRxiv* 10.1101/2021.05.15.444300 ■ Lung LHDS, Carvalheiro R, Neves HHDR, Mulder HA. 2020. Genetics and genomics of uniformity and resilience in livestock and aquaculture species: A review. *J Anim Breed Genet* 137:263-280. ■ Langmead B, Salzberg S. 2012. Fast gapped-read alignment with Bowtie 2. *Nature Methods* 9:357-359. ■ Lee C, Hong SN, Paik NY, Kim TJ, Kim ER, Chang DK, Kim YH. 2019. CD1d modulates colonic inflammation in NOD2-/- mice by altering the intestinal microbial composition comprising *Acetatifactor muris*. *J Crohns Colitis* 13(8):1081-1091 ■ Li H, Handsaker B, Wysoker A, Fennell T, Ruan J, Homer N, et al., 1000 genome project data processing subgroup. 2009. The sequence Alignment/Map format and SAMtools. *Bioinformatics* 25:2078-2079 ■ Mayo B, Vázquez L, Flórez AB. 2019. Equol: A bacterial metabolite from the daidzein isoflavone and its presumed beneficial health effects. *Nutrients* 11(9):2231. ■ Parker BJ, Wearsch PA, Veloo ACM, Rodríguez-Palacios A. 2020. The genus *Alistipes*: gut bacteria with emerging implications to inflammation, cancer, and mental health. *Front. Immunol* 11:906. ■ Parthasarathy A, Cross PJ, Dobson RCJ, Adams LE, Savka MA, Hudson AO. 2018. A three-ring circus: Metabolism of the three proteogenic aromatic amino acids and their role in the health of plants and animals. *Front Mol Biosci* 5:29. ■ Poppe M, Bonekamp G, van Pelt ML, Mulder HA. 2021. Genetic analysis of resilience indicators based on milk yield records in different lactations and at different lactation stages. *J Dairy Sci* 104(2):1967-1981 ■ Quinlan AR, Hall IM. 2010. BEDTools: a flexible suite of utilities for comparing genomic features. *Bioinformatics* 26(6):841-842 ■ Rodríguez-Sojo MJ, Ruiz-Malagón AJ, Rodríguez-Cabezas ME, Gálvez J, Rodríguez-Nogales A. 2021. *Limosilactobacillus fermentum* CECT5716: Mechanisms and therapeutic insights. *Nutrients* 13:1016. ■ Tamames J, Puente-Sánchez F. 2019 SqueezeMeta, a highly portable, fully automatic metagenomic analysis pipeline. *Front Microbiol* 9:3349.

Estudio exploratorio de aceptación y preferencia de hamburguesas de carne de conejo y de otras carnes blancas por consumidores jóvenes

Exploratory study of acceptance and preference of rabbit meat and other white meats hamburgers by young consumers

Lacalle-Ruiz E, González-Redondo P*

Departamento de Agronomía, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad de Sevilla, 41013 Sevilla, España.

**pedro@us.es*

Resumen: Las hamburguesas se propugnan como adecuadas para incrementar el consumo de carne de conejo entre jóvenes. El objetivo de esta investigación fue comparar la aceptación y preferencia de hamburguesas de conejo con las de carne de cerdo, pollo y pavo mediante un panel no entrenado de 45 consumidores jóvenes (23,5 años; 53,5% hombres) de Sevilla (España). Se evaluó: a) aceptación de características organolépticas y global, mediante escala hedónica (1 a 9 puntos), y b) orden de preferencia (1º a 4º lugar) de hamburguesas comerciales. Se prepararon a la plancha y se cataron siguiendo la metodología para estudios de aceptación y preferencia en consumidores no entrenados. La aceptación global y los atributos sensoriales, salvo la textura (6,9 puntos en conejo), difirieron entre hamburguesas ($p < 0,05$). El olor fue mejor valorado en las hamburguesas de conejo (6,8 puntos) y pavo, y peor en la de cerdo, siendo la de pollo intermedia. El color, la apariencia y la jugosidad de las hamburguesas de conejo (6,5, 6,8 y 6,9 puntos, respectivamente), cerdo y pavo se valoraron mejor que en la de pollo. El sabor de las hamburguesas de conejo (7,2 puntos) y pavo fue mejor aceptado que en las de cerdo y pollo. La elasticidad de las hamburguesas de conejo (6,6 puntos) y cerdo se valoró mejor que en la de pollo, siendo la de pavo intermedia. La aceptación global fue similar en las hamburguesas de conejo (7,1 puntos), cerdo y pavo y peor en la de pollo. Las hamburguesas de conejo (orden medio, 2,27), pavo y cerdo, sin diferencias entre sí, se prefirieron a la de pollo ($p < 0,001$). El sexo no influyó ($p > 0,05$). En conclusión, las hamburguesas de conejo se valoran al nivel de las de cerdo y pavo y mejor que las de pollo, mostrando potencial para propiciar el consumo de carne de conejo en jóvenes.

Palabras clave: Conejo, carne, productos, consumidores, hamburguesa.

Abstract: Hamburgers are considered ideal to increase the consumption of rabbit meat among young people. This study aimed to compare the acceptance and preference of rabbit hamburgers with those of pork, chicken and turkey by means of an untrained panel of 45 young consumers (average age: 23.5 years; 53.5% men) from Seville (Spain). The following aspects were evaluated: a) acceptance of organoleptic characteristics and global acceptance, using a hedonic scale (1 to 9 points), and b) order of preference (1st to 4th place) of commercial hamburgers. The hamburgers were grilled and subsequently tasted following the methodology for acceptance and preference studies in untrained consumers. Global acceptance and sensory attributes, except for texture (6.9 points in rabbit), differed between hamburgers ($p < 0.05$). The smell was better valued in the rabbit (6.8 points) and turkey hamburgers and worse in the pork hamburger, with the chicken hamburger being intermediate. The color, appearance and juiciness of the rabbit (6.5, 6.8 and 6.9 points, respectively), pork and turkey hamburgers were valued better than that of chicken hamburger. The flavor of the rabbit (7.2 points) and turkey hamburgers was better accepted than those of pork and chicken hamburgers. The elasticity of the rabbit (6.6 points) and pork hamburgers was valued better than that of chicken, with that of turkey hamburger being intermediate. Global acceptance was similar for rabbit (7.1 points), pork and turkey hamburgers and worse for that of chicken hamburger. Rabbit (average order, 2.27), turkey and pork hamburgers, without differences between them, were preferred to chicken hamburger ($p < 0.001$). Sex did not influence in any case

($p > 0.05$). In conclusion, rabbit hamburgers are rated at the same level as pork and turkey hamburgers and better than chicken hamburgers, showing potential to enhance rabbit meat consumption by young people.

Keywords: Rabbit, meat, products, consumers, burger.

Introducción

El consumo de carne de conejo, que es tradicional en la dieta mediterránea, ha experimentado una disminución significativa en España en las últimas décadas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021). Entre otras causas, a esta caída del consumo han contribuido los cambios en el estilo de vida y en los hábitos de consumo que propician que se dedique menos tiempo a cocinar platos tradicionales y elaborados en el hogar (Montero, 2015), los cambios en los hábitos laborales y en la estructura familiar (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2006) y la menor apreciación de las características organolépticas y progresiva pérdida de contacto de una parte de los consumidores, en especial jóvenes, con la carne de conejo (González-Redondo et al., 2010; Montero, 2015), quedando su consumo concentrado principalmente entre la población consumidora tradicional de mayor edad (Escribá-Pérez et al., 2017).

Ante esta situación parte de las propuestas del sector transformador para retener y atraer consumidores hacia la carne de conejo vienen consistiendo en poner en el mercado presentaciones alternativas a la canal entera, como son los despieces (medios conejos, muslos, lomos, medallones de lomo, etc.) y los transformados como salchichas y hamburguesas (ASESCU, 1996; De Santos, 2019). Estas presentaciones simplifican el cocinado y algunas de ellas, como las salchichas y las hamburguesas, resultan más atractivas para los consumidores de menor edad por estar familiarizados con su consumo cuando están elaboradas con otras carnes de consumo más frecuente (Escribá-Pérez et al., 2019). En España son varias las empresas que comercializan hamburguesas de carne de conejo y en el mundo se han publicado algunas investigaciones sobre su elaboración (Tavares et al., 2007), sobre la influencia de diversos tratamientos en aspectos tales como su durabilidad (Dal Bosco et al., 2019), sobre su evaluación sensorial (Tavares et al., 2007; Mancini et al., 2020) y otros. Pero apenas se ha investigado sobre la aceptación de las hamburguesas de carne de conejo por consumidores jóvenes en comparación con hamburguesas elaboradas con otras carnes que son más habituales en el mercado. En este contexto, el objetivo de esta investigación es evaluar la aceptación y la preferencia de hamburguesas de carne de conejo y compararlas con las hamburguesas elaboradas con otras carnes blancas como la de cerdo, pollo y pavo, mediante un panel de consumidores jóvenes. La hipótesis principal es que los jóvenes aceptarán bien las hamburguesas elaboradas con carne de conejo porque esta forma de presentación elimina o neutraliza algunas de características por las que no consumen esta carne (contenido de hueso, sabor al que no están acostumbrados, etc.).

Material y métodos

En mayo de 2021 se realizó un panel de 45 consumidores no entrenados, seleccionados entre estudiantes de grado, máster y doctorado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Sevilla, que participaron en el estudio de forma voluntaria y con consentimiento informado. Se evaluaron cuatro hamburguesas comerciales de carne de conejo, cerdo, pollo y pavo adquiridas en hipermercados. El valor nutricional y los ingredientes de las hamburguesas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Valor nutricional (por 100 g) e ingredientes de las hamburguesas evaluadas (información de los fabricantes).

	Hamburguesa			
	Conejo	Cerdo	Pollo	Pavo
Valor energético (kJ/kcal)	570/136	823/198	428/102	350/92
Grasas (g)	6,0	14,9	3,4	1,5
Grasas saturadas (g)	2,6	5,7	1,1	0,5
Hidratos de carbono (g)	6,0	1,5	<1,0	0,9
Azúcares (g)	0,5	<0,5	<0,5	0,0
Proteínas (g)	14,4	14,5	16,8	18,9
Sal (g)	1,85	2,74	2,15	1,33
Ingredientes	Carne de conejo (75%), agua, sal, especias naturales, almidón, fibras vegetales, proteína de guisante, dextrosa, conservador E-221 (sulfitos), antioxidante E-300 y colorante E-120	Carne de cerdo (78%), agua, harina de arroz, sal, emulgente (monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos), extractos naturales de fermentación, antioxidante (ascorbato sódico), extractos de especias, fécula de patata y fibra vegetal, cebolla, pimienta blanca, especias y extractos vegetales	Carne de pollo (85%), agua, harina de arroz, sal, emulgente (monoglicéridos y diglicéridos de ácidos grasos), extractos naturales de fermentación, antioxidante (ascorbato sódico), extractos de especias, fécula de patata y fibra vegetal, cebolla, pimienta blanca, especias y extractos vegetales	Carne de pavo (90%), agua, antioxidantes (lactato sódico, ascorbato sódico), sal, almidón, aroma natural, especias, extracto vegetal, ajo y perejil

Las hamburguesas se cocinaron en planchas eléctricas utilizando sólo un poco de aceite de oliva virgen extra para evitar que se adhiriesen. Las sesiones de cata se realizaron siguiendo las metodologías estándar para evaluaciones sensoriales con consumidores no entrenados (Pagliarini, 2002). Los catadores disponían de servilletas, cubiertos, agua y picos. Se les presentó un plato con una muestra de 2x5 cm de cada una de las cuatro hamburguesas, identificadas con números aleatorios de tres dígitos y con las muestras colocadas en orden aleatorio para cada panelista. Fueron instruidos para catar y evaluar las hamburguesas de izquierda a derecha y comer picos y beber agua entre cada dos hamburguesas distintas. Las hamburguesas se sirvieron calientes. En primer lugar, para cada tipo de hamburguesa se solicitó puntuar el grado de aceptación de los atributos organolépticos (olor, color, apariencia, textura, sabor, jugosidad y elasticidad) y la aceptación global utilizando una escala hedónica de nueve puntos (1 = me disgusta extremadamente, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta moderadamente, 4 = me disgusta levemente, 5 = ni me gusta ni me disgusta, 6 = me gusta levemente, 7 = me gusta moderadamente, 8 = me gusta mucho, 9 = me gusta extremadamente). En segundo lugar, y sobre las mismas muestras de la evaluación anterior, se solicitó clasificarlas por orden de preferencia (de 1 = preferida en primer lugar a 4 = preferida en último lugar).

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS 15.0 (SPSS Inc., 2006). Se realizó un análisis GLM de la valoración de cada uno de los atributos sensoriales con los factores tipo de hamburguesa y sexo de los sujetos, en el que ni el sexo ni su interacción con el tipo de hamburguesa fueron significativos, por lo que en los resultados se muestra sólo el efecto del tipo de hamburguesa. Se realizó una prueba de Friedman para analizar el orden de preferencia de las hamburguesas. Ambos análisis fueron seguidos de pruebas post-hoc de comparaciones múltiples de la diferencia menos significativa para identificar las diferencias de valoración de los atributos sensoriales y del orden de preferencia de las hamburguesas, respectivamente.

Resultados y discusión

Los jóvenes participantes en la evaluación de las hamburguesas tenían una edad de $23,5 \pm 0,19$ años (media \pm error típico), variando entre un mínimo de 20 y un máximo de 30 años. El 53,5% eran hombres y el 46,5% mujeres.

La Tabla 2 muestra la valoración otorgada por los panelistas a los principales atributos sensoriales y a la aceptación global de las hamburguesas de carne de conejo, cerdo, pollo y pavo, sin distinguir el sexo de los panelistas al no haber mostrado efecto dicho factor.

Tabla 2. Comparación de la aceptación de hamburguesas de carne de conejo, cerdo, pollo y pavo (media±error típico)*.

Atributo	Hamburguesa				P
	Conejo	Cerdo	Pollo	Pavo	
Olor	6,8±0,22a,b	6,3±0,21c	6,3±0,19b,c	6,9±0,18a	0,032
Color	6,5±0,20a	6,6±0,20a	5,6±0,22b	7,0±0,20a	<0,001
Apariencia	6,8±0,20a	6,8±0,19a	5,9±0,24b	7,0±0,18a	0,001
Textura	6,9±0,22	6,6±0,22	6,0±0,23	6,7±0,22	0,053
Sabor	7,2±0,17a	6,6±0,28b	6,4±0,21b	7,4±0,17a	0,003
Jugosidad	6,9±0,23a	7,0±0,24a	5,7±0,28b	6,6±0,24a	0,002
Elasticidad	6,6±0,23a	6,9±0,22a	5,8±0,23b	6,4±0,23a,b	0,008
Aceptación global	7,1±0,16a	6,8±0,26a	6,1±0,19b	7,2±0,17a	0,001

*Escala hedónica de nueve puntos: 1 = me disgusta extremadamente, 2 = me disgusta mucho, 3 = me disgusta moderadamente, 4 = me disgusta levemente, 5 = ni me gusta ni me disgusta, 6 = me gusta levemente, 7 = me gusta moderadamente, 8 = me gusta mucho, 9 = me gusta extremadamente.

a-c: Medias de un mismo atributo acompañadas de letras distintas son diferentes entre hamburguesas ($p < 0,05$).

En general, todos los atributos sensoriales evaluados y la aceptación global de las hamburguesas elaboradas con las cuatro carnes blancas recibieron puntuaciones medio-altas, variando entre 5,6 y 7,2 sobre 9 puntos. Hubo diferencias de valoración de los atributos sensoriales y de la aceptación global entre los cuatro tipos de hamburguesas ($p < 0,05$), salvo para la textura ($p > 0,05$).

El olor fue mejor valorado en las hamburguesas de pavo y de conejo, y peor en la de cerdo, mostrando la de pollo una aceptación intermedia entre la de conejo y cerdo.

El color, la apariencia y la jugosidad fueron aceptados en igual medida en las hamburguesas de conejo, cerdo y pavo, y peor valorados en la de pollo.

El sabor de las hamburguesas de conejo y de pavo, valorados de manera similar, fueron mejor aceptados que el de las hamburguesas de cerdo y pollo.

La elasticidad de las hamburguesas de conejo y cerdo fueron las mejores valoradas, al mismo nivel, mientras que se valoró peor en la de pollo y de manera intermedia en la de pavo.

La textura sólo mostró una tendencia marginal ($p < 0,1$) a ser mejor aceptada en la hamburguesa de conejo y peor en la de pollo, con las de pavo y cerdo evaluadas de manera intermedia (comparaciones *post hoc* no realizadas).

La aceptación global fue similar en las hamburguesas de conejo, cerdo y pavo y peor en la de pollo.

La Tabla 3 muestra el orden de preferencia de las hamburguesas valoradas globalmente.

Tabla 3. Prueba de Friedman de comparación de preferencia global de hamburguesas de carne de conejo, cerdo, pollo y pavo (rango promedio).

	Hamburguesa				P
	Conejo	Cerdo	Pollo	Pavo	
Preferencia*	2,27b	2,29b	3,27a	2,18b	<0,001

*Puntuaciones de 1, 2, 3 y 4 para la preferencia en primer, segundo, tercero y cuarto lugar, respectivamente.

a,b: Valores acompañados de letras distintas son diferentes entre hamburguesas ($P < 0,05$).

Hubo diferencias en la clasificación de las cuatro hamburguesas de carnes blancas según su orden de preferencia por los sujetos ($p < 0,001$). Las hamburguesas de conejo, pavo y cerdo fueron clasificadas sin diferencias entre sí en el orden de preferencia, y preferidas a su vez a la hamburguesa de pollo.

Las pruebas de aceptación y preferencia realizadas por los consumidores jóvenes de este estudio revelaron que las hamburguesas de carne de conejo son valoradas favorablemente y al mismo nivel que las de pavo y cerdo, y mejor que las de pollo. Esto demuestra que esta forma de presentación del producto, en la que la carne de conejo está deshuesada, picada, mezclada con otros ingredientes y homogeneizada para darle una forma, consistencia y aspecto típicos de este elaborado (Tavares et al., 2007; Petracci y Cavani, 2013) logra que sea atractiva al consumidor joven en la misma medida que las hamburguesas de otras carnes blancas más difundidas y con las que están familiarizados. La buena valoración y aceptación de las hamburguesas de conejo de este ensayo coincide con lo constatado en estudios previos (Tavares et al., 2007). La presentación como hamburguesa tiene, además, algunas ventajas frente a otras presentaciones de la carne de conejo que pueden contribuir a su buena aceptación, como la ausencia de hueso o la estandarización del sabor (por la mezcla con otros ingredientes), eliminando así algunas características de otras presentaciones de esta carne por las que parte de los jóvenes afirman no consumirla (contenido de hueso, sabor, etc.; González-Redondo et al., 2010).

Desde hace más de dos décadas viene propugnándose la comercialización de transformados de la carne de conejo (ASESUCU, 1996), como las hamburguesas, como vía para incrementar el consumo de esta carne, siendo varias las empresas que las tienen en su cartera de productos. Sin embargo, su presencia en los puntos de venta es a veces irregular y su precio superior a las hamburguesas elaboradas con otras carnes (Petracci y Cavani, 2013), lo que quizás contribuya a dificultar la extensión de su consumo, que podría incrementarse con una adecuada promoción que las diera a conocer.

En conclusión, las hamburguesas de conejo se valoran al nivel de las de cerdo y pavo y mejor que las de pollo, revelando su potencial para propiciar el consumo de carne de conejo en jóvenes.

Agradecimientos: Los autores agradecen a los panelistas su participación en el estudio.

Bibliografía: ASESUCU. 1996. Transformados cárnicos de conejo. *Boletín de Cunicultura* 83:36-37. ■ Dal Bosco A, Mattioli S, Matics Z, Szendrő Z, Gerencsér Z, Mancinelli AC, Kovács M, Cullere M, Castellini C, Dalle Zotte A. 2019. The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Sci* 158:107921. ■ De Santos ML. 2019. El sector de la carne de conejo se adapta a los cambios en el mercado. *Distribución y Consumo* 157:48-51. ■ Escriba-Perez C, Baviera-Puig A, Buitrago-Vera J, Montero-Vicente L. 2017. Consumer profile analysis for different types of meat in Spain. *Meat Sci* 129:120-126. ■ Escribá-Pérez C, Baviera-Puig A, Montero-Vicente L, Buitrago-Vera J. 2019. Children's consumption of rabbit meat. *World Rabbit Sci* 27:113-122. ■ González-Redondo P, Mena Y, Fernández-Cabanás VM. 2010. Factors affecting rabbit meat consumption among Spanish university students. *Ecol Food Nutr* 49:298-315. ■ Mancini S, Mattioli S, Nuvoloni R, Pedonese F, Dal Bosco A, Paci G. 2020. Effects of garlic powder and salt additions on fatty acids profile, oxidative status, antioxidant potential and sensory properties of raw and cooked rabbit meat burgers. *Meat Sci* 169:108226. ■ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2006. *La alimentación en España*, 2006. https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/libro-la-alimentacion-en-espana/libro2010-11-04_18.56.25.7562.aspx. ■ Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2021. Panel de consumo alimentario. <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/consumo-tendencias/panel-de-consumo-alimentario/>. ■ Montero L. 2015. *La cadena de valor del sector cunicola en España. Segmentación del consumo en base al Food-Related Lifestyle (FRL)*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. ■ Pagliarini E. 2002. *Valutazione sensoriale. Aspetti teorici, pratici e metodologici*. Ulrico Hoepli Editore, Milán, Italia. ■ Petracci M, Cavani C. 2013. Rabbit meat processing: historical perspective to future directions. *World Rabbit Sci* 21:217-226. ■ SPSS Inc. 2006. *Manual del Usuario de SPSS Base 15.0*. SPSS Inc., Chicago, EE.UU. ■ Tavares RS, Cruz AG, Oliveira TS, Braga AR, Reis FA, Hora IMC, Teixeira RC, Ferreira EF. 2007. Processamento e aceitação sensorial do hambúrguer de coelho (*Oryctolagus cuniculus*). *Food Sci Technol*, 27:633-636.

Evaluación de la calidad seminal y la longevidad de líneas maternas y paternas en un centro de inseminación cunícola

Semen quality and longevity of maternal and paternal rabbit lines in an artificial insemination center

Bielsa A¹, Argente MJ², García ML^{2*}

¹Granja Jordán S.L., 50793 Fabara, España.

²Centro de Investigación e Innovación Agroalimentaria y Agroambiental (CIAGRO-UMH), Universidad Miguel Hernández de Elche, 03312 Orihuela, España.

*mariluz.garcia@umh.es

Resumen: El objetivo de este trabajo es la comparación de la calidad seminal y la longevidad de 4 líneas genéticas en un centro de inseminación artificial (CIA). Para ello, se evaluaron un total de 50.993 muestras de semen de 688 machos. Las líneas maternas A y L son seleccionadas por tamaño de camada al destete. Las líneas paternas R y C son seleccionadas por velocidad de crecimiento postdestete. Se registró el volumen del eyaculado y la motilidad en una escala de 0 a 5. También se evaluó la edad de eliminación o muerte de los machos en el centro de inseminación artificial. Los análisis estadísticos se realizaron con metodología bayesiana. La línea paterna C presentó mayor volumen de semen y motilidad (1,24 ml y 3,69) que la línea R (1,07 ml y 3,55) y las líneas maternas (A, 0,92 ml y 3,33; L, 1,01 ml y 3,62). La longevidad de los machos es superior en las líneas maternas (25 y 20 meses para la línea A y L, respectivamente) que en las líneas paternas (16 y 14 meses para la línea C y R, respectivamente), siendo relevante la diferencia entre la línea A y las líneas paternas (Pr = 1,00). En conclusión, la línea paterna C presentó los mejores parámetros de calidad espermática y las líneas maternas son más longevas en los CIA que las líneas paternas debido al mayor intervalo generacional.

Palabras clave: Ganancia diaria, inseminación artificial, número de destetados, longevidad, motilidad, volumen.

Abstract: The aim of this study is to compare quality semen and longevity of 4 genetic lines in an artificial insemination centre. A total of 50,993 ejaculates of 688 males were evaluated. A and L lines are maternal lines selected for litter size at weaning and R and C lines are paternal lines selected for daily gain in the fattening period. Volume of ejaculates and motility, measured between 0 and 5, were recorded. Age of the males when they were culled or dead was analysed. Bayesian methodology was used for the statistical analyses. C paternal line showed higher volume and motility (1.24 ml and 3.69) than R line (1.07 ml and 3.55) and maternal lines (A, 0.92 ml and 3.33; L, 1.01 ml and 3.62). Longevity is higher in maternal lines (25 and 20 months for A and L line, respectively) than paternal lines (16 and 14 months for C and R lines, respectively), being the difference relevant between A line and paternal lines (Pr = 1.00). In conclusion, C line had the highest quality semen and maternal lines have higher longevity than paternal lines due to the different generational interval.

Keywords: Artificial insemination, daily gain, number of weaned, longevity, motility, volume.

Introducción

Los centros de inseminación artificial (CIA) en cunicultura proporcionan las dosis de semen para producir la hembra cruzada o el gazapo de engorde en las explotaciones ganaderas. Por tanto, es recomendable que estos centros estén vinculados a núcleos de selección y los machos sean los mejor valorados genéticamente según su criterio de selección, pues permiten la difusión de animales de alto valor genético desde los núcleos de selección hasta las granjas comerciales

(García et al., 1998). La inseminación de abuelas con machos de líneas maternas permitirá la obtención de hembras cruzadas que se favorecerán de la heterosis del tamaño de camada, y la inseminación de la hembra cruzada con machos de las líneas paternas incrementará la velocidad de crecimiento de los gazapos de engorde (García y Argente, 2020).

La productividad de los CIA depende de la calidad del semen y de la longevidad de los machos. Sin embargo, las estimaciones de las correlaciones genéticas y fenotípicas entre los caracteres relacionados con la calidad seminal y la velocidad de crecimiento es en general negativa o no diferente de cero (Lavara et al., 2011, 2012, 2013; Tusell et al., 2012). El objetivo de este trabajo es comparar la calidad espermática y la longevidad de dos líneas maternas y dos líneas paternas de conejo.

Material y métodos

Un total de 50.993 datos de 688 machos fueron utilizados en este estudio. Los machos pertenecían a dos líneas maternas (A y L) y dos líneas paternas (R y C). Las líneas maternas son seleccionadas por número de destetados (García y Baselga, 2002; Sánchez et al., 2008) y las paternas por velocidad de crecimiento en el periodo de engorde (Estany et al., 1992).

Los mejores machos, atendiendo al criterio de selección de cada una de las líneas, son trasladados al CIA situado en Fabara (Zaragoza) a los 3 meses de edad. Son mantenidos en cuarentena durante un mes y medio. A las 18 semanas de edad comienza el periodo de entrenamiento que tiene una duración de entre 3 y 4 semanas. En este periodo los machos son entrenados para eyacular en vagina artificial y el semen es evaluado. Los machos son descartados cuando el porcentaje de espermatozoides normales o el porcentaje de gota citoplasmática es superior al 10%. También es causa de eliminación, los machos que reiteradamente producen eyaculados con orina, sangre o falta de libido.

Se recogieron 2 eyaculados por semana y el volumen fue determinado. El semen se diluyó 1:5 con un diluyente comercial (MRA-BIT, Laboratorio Kubus, España). La motilidad se evaluó con una escala de 0 a 5 en un microscopio a 400x utilizando una pletina termostataada a 37°C.

Se registró la edad de los machos hasta que eran eliminados o muertos en el CIA. Las causas de eliminación se determinaron por observación del animal y fueron: baja calidad de los eyaculados, viejo, estafilococia, enfermedades respiratorias, falta de libido, problemas digestivos, mal de patas o no determinado.

El volumen, la motilidad y la edad de los machos fue analizado con el siguiente modelo:

$$y_{ijklmn} = \mu + L_i + S_j + Z_k + m_l + b \cdot A_{ijklm} + e_{ijklmn},$$

donde y_{ijklm} es el carácter, μ es la media general, L_i es el efecto fijo de línea (A, L, C y R), S_j es el efecto fijo de estación (primavera, verano, otoño, invierno), Z_k es el efecto fijo de la zona de la localización de los machos en el CIA (zona de extractores, zona central, zona de entrada), m_l es el efecto aleatorio del macho l , A_{ijklm} es la covariable edad de los machos y e_{ijklmn} es el residuo. El efecto aleatorio del macho y la covariable no fue incluida para la edad de los machos.

Los análisis se realizaron siguiendo metodología bayesiana con el programa Rabbit desarrollado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (Valencia, España). Se consideró como valor relevante para los caracteres 1/3 de la desviación típica, siendo 0,13 ml para el volumen, 0,23 para la motilidad y 3 meses para la edad.

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra las medias del volumen de semen, la motilidad espermática y la edad de los machos para las líneas A, L, C y R. El volumen para las líneas maternas presenta valores superiores a otras líneas maternas (Brun et al., 2002). En las líneas paternas, el volumen y la

motilidad fue superior a otras líneas paternas y a la línea R de otros CIA (Lavara et al., 2011; García-Tomás et al., 2006; Tusell et al., 2012).

La longevidad de los machos maternos es de 25 y 20 meses para las líneas A y L, respectivamente, mientras que la longevidad de las líneas paternas es de 16 y 14 meses para las líneas C y R, respectivamente (Tabla 1). El intervalo generacional de las líneas maternas es aproximadamente de 12 meses, mientras que en las líneas paternas es de 8 meses. Por tanto, la tasa de reposición de los machos de las líneas maternas en el CIA es inferior a las líneas paternas.

La línea A presentó el menor volumen de semen de todas las líneas, siendo la diferencia relevante entre las líneas A y C (-0,32 ml; Pr = 1,00; Tabla 2). Por el contrario, la línea C presentó el mayor volumen siendo la diferencia relevante al compararlo tanto con la línea R (+0,17 ml; Pr = 1,00) como con la línea L (+0,23 ml; Pr = 1,00).

Tabla 1. Medias de volumen de semen, motilidad espermática y longevidad de los machos para las líneas maternas A y L y paternas C y R.

	Línea A	Línea L	Línea C	Línea R
Volumen (ml)	0,92	1,01	1,24	1,07
Motilidad*	3,33	3,62	3,69	3,55
Longevidad (meses)	25	20	16	14

*Evaluada en escala de 0 a 5.

Tabla 2. Resultados de volumen de semen para las líneas maternas A y L y paternas C y R.

Línea	D (ml)	HPD _{95%}	P	Pr
A-L	-0,09	-0,14; -0,03	1,00	0,86
A-C	-0,32	-0,37; -0,27	1,00	1,00
A-R	-0,14	-0,20; 0,10	1,00	0,87
C-L	0,23	0,19; 0,27	1,00	1,00
C-R	0,17	0,15; 0,19	1,00	1,00
L-R	-0,06	-0,09; -0,02	1,00	0,00

D: diferencia entre las líneas. HPD_{95%}: intervalo de alta densidad posterior al 95%. P: probabilidad de que la diferencia entre las líneas sea mayor que 0 si D>0, o menor que 0 si D<0. Pr: probabilidad de relevancia.

La línea A presentó menor motilidad que la línea L (-0,29), la línea C (-0,36) y la línea R (-0,22), siendo la diferencia entre las líneas A y C relevante (Pr = 1,00; Tabla 3). La diferencia fue superior en la línea C con respecto a la línea L (+0,07) y a la línea R (+0,13). La motilidad es considerada uno de los principales parámetros que determinan la fertilidad del eyaculado.

Tabla 3. Resultados de la motilidad espermática para las líneas maternas A y L y paternas C y R.

Línea	D	HPD _{95%}	P	Pr
A-L	-0,29	-0,39; -0,19	1,00	0,87
A-C	-0,36	-0,45; -0,27	1,00	1,00
A-R	-0,22	-0,31; -0,13	1,00	0,59
C-L	0,07	-0,00; 0,14	0,97	0,00
C-R	0,13	0,10; 0,17	1,00	0,00
L-R	0,07	0,00; 0,13	0,98	0,00

D: diferencia entre las líneas. HPD_{95%}: intervalo de alta densidad posterior al 95%. P: probabilidad de que la diferencia entre las líneas sea mayor que 0 si D>0, o menor que 0 si D<0. Pr: probabilidad de relevancia.

Tabla 4. Resultados de la longevidad de los machos para las líneas maternas A y L y paternas C y R.

Línea	D (meses)	HPD _{95%}	P	Pr
A-L	5,5	0,5; 10,2	0,99	0,79
A-C	8,9	4,3; 13,3	1,00	0,99
A-R	10,3	6,0; 14,5	1,00	1,00
C-L	-3,4	-6,5; -0,5	0,99	0,50
C-R	1,4	-0,4; 3,3	0,93	0,01
L-R	4,8	2,1; 7,3	1,00	0,85

D: diferencia entre las líneas. HPD_{95%}: intervalo de alta densidad posterior al 95%. P: probabilidad de que la diferencia entre las líneas sea mayor que 0 si D>0, o menor que 0 si D<0. Pr: probabilidad de relevancia.

Los machos de la línea A permanecieron en el CIA 5,5 meses más que los de la línea L (P=0,99, Pr=0,79), 8,9 meses más que los de la línea C (P = 1,00, Pr = 0,99) y 10,3 meses más que los machos de la línea R (P = Pr = 1,00, Tabla 4). Aunque existe diferencia en longevidad entre los machos C, L y R, esta diferencia no es relevante. La principal causa de eliminación de los machos es la edad (resultados no mostrados). Por tanto, las diferencias encontradas son debidas al diferente intervalo generacional que presentan las líneas maternas frente a las paternas.

En conclusión, la línea paterna C presenta la mayor calidad espermática medida como la motilidad y el volumen de semen y la línea materna A los parámetros más bajos, presentando la línea L y R valores intermedios. Los machos maternos permanecen durante más tiempo en los centros de inseminación artificial que los machos paternos, debido al mayor intervalo generacional de estas líneas.

Bibliografía: ■ Brun JM, Theau-Clément M, Bolet G. 2002. The relationship between rabbit semen characteristics and reproductive performance after artificial insemination. *Anim Reprod Sci* 70:139-149. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(01\)00197-X](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(01)00197-X). ■ Estany J, Camacho J, Baselga M, Blasco A 1992. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genet Sel Evol* 24:527-537. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-24-6-527>. ■ García ML, Argente MJ. 2020. The genetic improvement in meat rabbits. En: IntechOpen Limited (Ed.). *Lagomorpha characteristics*. Londres, United Kingdom, pp. 1-18. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93896>. ■ García ML, Baselga M. 2002. Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits. *World Rabbit Sci* 10(2):71-76. <https://doi.org/10.4995/wrs.2002.478>. ■ García ML, Cifre J, Viudes de Castro MP. 1998. Comparación entre la inseminación artificial y la monta natural en España. Estudio económico-teórico. *ITEA-Inf Tec Econ Agr* 94:81-91. ■ García-Tomás M, Sánchez J, Rafel O, Ramon J, Piles, M. 2006. Variability, repeatability and phenotypic relationships of several characteristics of production and semen quality in rabbit. *Anim Reprod Sci* 93:88-100. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.06.011>. ■ Lavara R, Vicente J, Baselga M. 2011. Genetic parameter estimates for semen production traits and growth rate of a paternal rabbit line. *J Anim Breed Genet* 128:44-51. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2010.00889.x>. ■ Lavara R, Vicente JS, Baselga M. 2012. Estimation of genetic parameters for semen quality traits and growth rate in a paternal rabbit line. *Theriogenology* 78:567-575. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.03.002>. ■ Lavara R, Vicente JS, Baselga M. 2013. Genetic variation in head morphometry of rabbit sperm. *Theriogenology* 80:313-318. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.04.015>. ■ Sánchez JP, Theilgaard P, Mínguez C, Baselga, M. 2008. Constitution and evolution of a long-lived productive rabbit line. *J Anim Sci* 86:515-525. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0217>. ■ Tusell L, Legarra A, García-Tomás M, Rafel O, Ramon J, Piles M. 2012. Genetic basis of semen traits and their relationship with growth rate in rabbits. *J Anim Sci* 90:1385-1397. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4165>.

Interpretación del ciclo estral de la coneja como base de la eficiencia reproductiva

Interpretation of the estrous cycle of the doe as the basis of reproductive efficiency

Meléndez, C*

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico Barquisimeto, "Luis Beltrán Prieto Figueroa", Avenida José María Vargas con Avenida Las Palmas, Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela.
[*carloscamt@gmail.com](mailto:carloscamt@gmail.com)

Resumen: Múltiples autores han descrito el ciclo estral de la coneja como un evento rígido y bien definido fisiológicamente. Sin embargo en la experiencia práctica se observan diversas manifestaciones del estro en la coneja doméstica (*Oryctolagus cuniculus*) en cuanto al tiempo de duración, aspecto de la vulva y porcentaje de fertilidad. El objetivo de este trabajo es inferir sobre las diversas manifestaciones del ciclo estral de la coneja y su incidencia sobre la producción cunícola. Para ello se utilizó un rebaño de conejos de una línea cárnica, compuesto de 160 madres en producción y 24 machos reproductores, en condiciones ambientales propias de países tropicales. Se recopilaron los datos referidos al ciclo estral de las conejas reproductoras en función a la fecha de parto y la fecha del próximo servicio en un sistema de registros de producción. Como resultado se diseñó un esquema con la relación entre los días de descanso entre el parto y el próximo servicio, según la cantidad de gazapos nacidos y sobrevivientes de la camada actual. Se incrementó el número de gazapos destetados por madre en cada parto de 3,60 a 6,30. En conclusión, la metodología de trabajo aplicada permitió la reducción del intervalo entre partos y el incremento en el número de gazapos destetados por coneja por año. El número de gazapos destetados es más relevante que el peso al sacrificio de los gazapos de camadas más pequeñas.

Palabras clave: Intervalo entre partos, Índice de Eficiencia Reproductiva, Número de gazapos por año.

Abstract: Multiple authors have described the estrous cycle of the female rabbit as a rigid and well defined physiological event. However, in practical experience, various manifestations of estrus are observed in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in terms of duration, appearance of the vulva and percentage of fertility. The objectives of this work were to infer on the various manifestations of the estrous cycle of the rabbit and its impact on rabbit production. To this end, a herd of breeding rabbits from a meat line was used, made up of 160 does in production and 24 breeding males, under conditions typical of tropical countries. The data referring to the estrous cycle of the reproductive rabbits were collected according to the date of delivery and the date of the next service in a system of production records. As a result, a scheme was designed with the relationship between the days of rest between delivery and the next service, according to the number of born and surviving kits in the current litter. The number of kits weaned per doe in each delivery was increased from 3.60 to 6.30. In conclusion, the applied work methodology allowed the reduction of the birthing interval and the increase in the number of kits weaned per doe per year. The number of kits weaned is more relevant than the slaughter weight of kits from smaller litters.

Keywords: Interval between parturitions, Reproductive Efficiency Index, Number of kits per year.

Introducción

Una de las principales inquietudes de los cunicultores experimentados y los técnicos en producción cunícola ha sido el mejoramiento en la producción de carne de las granjas, poniendo mayor atención en los parámetros tanto genotípicos como fenotípicos propios como la ganancia de peso diario, la edad y peso final al sacrificio, el rendimiento en canal, entre otras cosas. Sin embargo se puede preguntar, ¿Qué tantos conejos se van a engordar si no se tienen hembras

reproductoras que puedan producir esos conejos, eficientemente? Y para poder engordar conejos, es necesario tener gazapos destetados, y para poder destetar un número significativo de gazapos, debe haber un buen índice de gazapos nacidos. Previo a esto debe haber un parto de calidad en cuanto a número de gazapos nacidos, y como una condición sine qua non, es la preñez de la futura madre. En pocas palabras, la cantidad de kg de carne producidos en una granja cunícola, será directamente proporcional a la potencialidad de las madres reproductoras y su habilidad materna, entendiendo que la calidad de la camada (peso al destete) incide significativamente en el crecimiento y engorde de los gazapos (Petersen y Vásquez, 2007).

Entendiendo que una coneja reproductora está en capacidad de producir un promedio de 48 gazapos por año, y que existe alta variabilidad entre las integrantes de un rebaño, se buscó un esquema de trabajo que permitiera uniformizar la producción de gazapos destetados en función al tiempo que la coneja está en etapa productiva. Un ejemplo de ello son conejas que pueden destetar hasta diez gazapos pero el intervalo de partos es de 90 días (4 partos por año), esto es 40 gazapos por año, mientras que hay conejas que solo destetan 5 gazapos por parto, pero con 35 días de intervalo entre partos (10 partos por año), esto es 50 gazapos por año. Entonces toma mayor relevancia el intervalo entre partos que el propio número de gazapos nacidos y destetados. Como técnicos cunícolas, se tiene poca incidencia sobre la cantidad de gazapos nacidos en cada parto, pero sí se puede tener influencia directa sobre los días de descanso entre el parto y el próximo servicio, por consecuencia entonces se puede definir el intervalo entre partos más acorde según el número de gazapos de la camada.

Según Lebas et al. (1996):

El ciclo del celo: En la mayor parte de los mamíferos domésticos, la ovulación tiene lugar con intervalos regulares en el curso del período de celo o estro. El intervalo entre dos períodos de estro representa la duración del ciclo de celo (4 días en la rata, 17 días en la oveja, 21 días en la cerda y en la vaca). En cambio, la coneja no presenta ciclo de estro con aparición regular de calores en el transcurso de los cuales la ovulación tiene lugar espontáneamente. Está considerada como una hembra en celo más o menos permanente, y la ovulación sólo se produce si ha habido apareamiento. Por tanto, se considera que una hembra está en celo cuando acepta aparearse; se la llama en diestro cuando rechaza (pág. 54).

Material y métodos

La metodología fue aplicada en una granja cunícola con un rebaño de conejos de una línea cárnica, compuesto de 160 hembras reproductoras, 24 machos reproductores, y un promedio de 2.000 gazapos entre diferentes etapas de desarrollo (lactancia, levante, engorde y reemplazos). Se utilizó una herramienta para la recolección de datos relacionados con el comportamiento reproductivo de las hembras y se llamó Ficha de Hembras Reproductoras (Tabla 1).

En los valores a evaluar en la ficha de hembras reproductoras y para efecto de este estudio, se ubicaron ciertos parámetros de importancia como lo son: fecha de servicio, fecha de parto, número de gazapos nacidos, intervalo entre partos. Se hizo especial observación en el número gazapos nacidos para determinar el día en que se procedió a la revisión de la coneja con el fin de llevarla hasta el macho para ser servida, previa verificación de la presencia de celo. Según la cantidad de gazapos sobrevivientes después del parto, se determinó que las hembras serían revisadas con el siguiente patrón: 5 gazapos o menos: 1 día de descanso; de 6 a 7 gazapos: 8 días de descanso; de 8 a 9 gazapos: 15 días de descanso y con 10 ó más gazapos: 21 días de descanso (Tabla 2). De tal manera que las hembras que presentaran el celo para el momento de la revisión, fueran llevadas al macho para ser servidas.

La metodología aplicada en la granja estimó revisiones 2 días a la semana (lunes y jueves) para concentrar las observaciones y evitar la dilución del trabajo. Sin embargo las hembras que presentaron celo y por alguna razón no fueron servidas el día de la revisión, se volvieron a

presentar con el macho al día siguiente, o hasta que se consiguiera que el servicio fuera efectivo, siempre que hubiese manifestación de celo.

Una premisa de mucha relevancia fue la de poder hacer que el 23% del total de las hembras, entraran a servicio en cada semana de producción. Se calculó esta cantidad de hembras a servir, estimando un 75% de fertilidad, lo que traduce en un 17% de hembras preñadas en cada semana, de tal manera de obtener el 100% de las hembras preñadas en 6 semanas de ciclo de intervalos entre partos.

Tabla 1. Modelo de ficha de conejas reproductoras (Meléndez, 2015).

Numero/hembra		Padre		Madre		Fecha nacimiento		Fecha 1er servicio		Fecha tope servicio		Manto	Grupo
HR-01-100		MR-01-01		HR-01-001		01/01/19		16/05/19		30/06/19		NZ	A
Num. Parto	Fecha servicio	Macho	DXP	Fecha parto	Gaz nac	Gaz dest	Peso dest	Gaz acum	Gaz prom	Interv parto	Dias acum	Ind efíc reproduc	Observaciones
1	16-may	1	+	17-jun	8	6	0,5	6	6	0	0	0	
2	30-jun	1	+	01-ago	8	6	0,5	12	6	45	45	8,00	
3	14-ago	1	+	15-sep	8	6	0,5	18	6	45	90	6,00	
4	28-sep	1	+	30-oct	8	6	0,5	24	6	45	135	5,33	
5	12-nov	1	+	14-dic	8	6	0,5	30	6	45	180	5,00	
6	27-dic	1	+	28-ene	8	6	0,5	36	6	45	225	4,80	
7	10-feb	1	+	13-mar	8	6	0,5	42	6	45	270	4,67	
8	26-mar	1	+	27-abr	8	6	0,5	48	6	45	315	4,57	

Tabla 2. Esquema de la relación de gazapos nacidos y los días de descanso para el servicio de las reproductoras (Meléndez, 2015).

Número de gazapos	Días de descanso
5 ó menos	1
6-7	8
8-9	15
10 ó más	21

Resultados y discusión

Habiendo establecido el esquema de la relación de gazapos nacidos y los días de descanso entre el parto y la fecha de servicio, se pudo obtener un total de 1.700 servicios al año de las 160 hembras reproductoras, con un 75% de fertilidad, lo que se tradujo en 1.280 partos por año. Por otra parte, y como resultado más significativo, se incrementó el número de gazapos destetados por coneja de 3,60 a 6,30 gazapos destetados por parto por coneja (Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de gazapos destetados por hembra por parto (Meléndez, 2015).

	Año			
	2010	2011	2012	2013
Promedio de gazapos destetados por parto por hembra	3,60	4,80	5,60	6,30

Tabla 4. Cuadro comparativo entre dos grupos de camadas según el número de gazapos destetados (n=5 y n=7).

Número jaula	Camada	Peso destete	Número gazapos	Padre	Peso semanal					Peso sacrificio	Gazapos camada	Total Kg conejo
					63 días	70 días	77 días	84 días	91 días			
1	0205		5		1,890	2,070	2,325	2,524	2,772			
2	0704	0,563	5	301	1,905	2,085	2,395	2,560	2,725	2,686	5,00	13,43
3	1903		5		1,888	2,060	2,170	2,388	2,560			
				Promedio	1,894	2,072	2,297	2,491	2,686			
				GPS		0,177	0,225	0,194	0,195			
4	1201		7		1,894	1,899	2,130	2,300	2,455			
5	1803	0,416	7	301	1,705	1,880	1,963	2,108	2,305	2,415	7,00	16,91
6	2502		7		1,692	1,880	2,110	2,268	2,485			
	Diferencia	0,147		Promedio	1,764	1,886	2,068	2,225	2,415	0,271	2,00	3,477
		35,34%		GPS		0,123	0,181	0,158	0,190	11,21%		25,89%

Relación de peso de gazapos de engorde entre 2 grupos de hembras reproductoras según el número de gazapos destetados. Diferencia entre los pesos al destete y al sacrificio, y el total de kg de conejo producido por cada grupo de hembras. Se tomaron camadas del mismo padre para minimizar las diferencias de la heredabilidad paterna. GPS= ganancia de peso semanal.

De la Tabla 4 se obtuvieron varios resultados: las camadas de menor número de gazapos (n=5) reportaron mayor peso al destete, 563 g contra 416 g de las camadas de mayor número de gazapos (n=7), lo que representa una diferencia de 35,34%. Así como mayor peso al sacrificio en estas mismas camadas que las de mayor número de gazapos destetados. En este caso la diferencia fue de 271 g (11,21%). La ganancia de peso semanal (GPS) es mayor en el grupo de n=5 gazapos destetados que el grupo n=7. Sin embargo en la columna de Total de kg de conejo, el grupo n=7 es mayor la cantidad de kg producidos por cada coneja reproductora, siendo la diferencia de 3,477 kg (25,89%)

Con la aplicación del esquema de la relación de gazapos nacidos y los días de descanso, se logró uniformizar la producción de gazapos por cada coneja por año, ya que se ponderó el intervalo entre partos según la cantidad de gazapos de la camada. De tal manera que conejas con pocos gazapos por camada fueran tan productivas como las conejas que tenían mayor cantidad de gazapos en cada parto.

El planteamiento de servir el 23% del total de las hembras del rebaño, permitió obtener un número de partos por semana, proporcional al número de hembras del rebaño y una producción constante y periódica de gazapos durante todo el año. Esto permite tener varias ventajas desde la óptica de la producción: mejor ocupación de jaulas, planificación de los animales al sacrificio por semana, oferta constante de carne de conejos a los clientes, anticipación para la compra de insumos, distribución de las labores de la granja.

En el caso de la relación entre el número de gazapos producidos y el peso al sacrificio, se observó que hembras que destetaron cinco gazapos, reportaron 13,43 kg de conejo producido, mientras que las hembras que destetaron 7 gazapos, reportaron 16,91 kg de conejo producido. Lo que indica que tiene mayor relevancia el hecho de poder destetar más gazapos, aun cuando estos sean de menor peso desde el destete hasta el sacrificio, que las hembras que destetan gazapos más pesados, pero en menor número de individuos en cada camada.

Otro punto importante a tomar en consideración es que las conejas con menor número de gazapos destetados, tienen la tendencia a salir en celo en menor tiempo que las que destetan mayor número de gazapos. Pero no se hizo referencia en este trabajo, quedando pendiente para una próxima evaluación.

Bibliografía: Lebas F, Coudert P, De Rochambeau H, Thébault RG. 1996. *El conejo. Cría y patología*. FAO, Roma, Italia. ■ Meléndez C. 2015. Incremento del peso en conejos reproductores mediante la aplicación de un sistema de selección y cruzamientos en una población cerrada. En: Felipe YE. (Ed.). *Investigación en la Cunicultura de las Américas*. Universidad Autónoma del Estado de México, México, pp. 502-525. <https://abwrsa.files.wordpress.com/2014/11/investigacion-en-cunicultura.pdf>. ■ Petersen J, Vásquez RA. 2007. *Influencia del rendimiento maternal antes y después del parto sobre el desarrollo de conejos de engorde*. <https://www.engormix.com/cunicultura/articulos/influencia-rendimiento-maternal-antes-t26938.htm>

Parámetros reproductivos de 3 líneas paternas con distinto potencial de crecimiento y resiliencia

Reproductive parameters of 3 paternal lines with different potential for growth and resilience

Gonçalves C*, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Blas E, Cambra-López M, Pascual JJ

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, Spain.

*capeigon@upvnet.upv.es

Resumen: Para este experimento se seleccionaron un total de 203 conejas nulíparas de 3 líneas paternas: R, línea seleccionada por velocidad de crecimiento; RF, línea a partir de la selección de animales élite de la línea R; y RLP, línea obtenida por retrocruzamiento de la línea RF con la línea robusta LP. Se realizaron controles de los principales parámetros reproductivos a la 1ª IA, y al parto, 18 y 28 días postparto hasta el 3er parto, así como el porcentaje de permanencia en el experimento. El porcentaje, tanto de hembras que permanecieron en la granja como de fertilidad, de las conejas R fue significativamente inferior al de las conejas RF en el primer ciclo reproductivo (-16 y -12 puntos porcentuales, respectivamente; $P < 0.05$), y a partir de ese momento al de las conejas RLP (-24 y -8 puntos porcentuales, respectivamente; $P < 0.05$). Por otra parte, la línea R tuvo un número de gazapos nacidos significativamente más bajo que las líneas RF y RLP (de media -1,2 nacidos totales y -1,7 nacidos vivos; $P < 0.05$), y la supervivencia de los gazapos a lo largo de la lactación fue mayor con la línea RLP respecto a las otras dos líneas (+0.5 gazapos al destete; $P < 0.05$). Con estos resultados se puede concluir que la introducción de genética resiliente en una línea élite paternal contribuye a mejorar la fertilidad y prolificidad, así como la supervivencia de las conejas y sus camadas.

Palabras clave: Conejas, líneas paternas, resiliencia, reproducción.

Abstract: A total of 203 nulliparous rabbit females from 3 paternal lines were selected: R, line selected by growth rate; RF, line from the selection of elite animals of the R line; and RLP, line obtained by backcrossing the RF line with the robust LP line. Controls of the main reproductive parameters were carried out at the 1st AI, and at parturition, 18 and 28 days postpartum until the 3rd parturition, as well as the stayability of the females. Both stayability and fertility percentages of the R females were significantly lower than that of the RF females during the first reproductive cycle (-16 and -12 percentage points, respectively; $P < 0.05$), and from that moment that of RLP females (-24 and -8 percentage points, respectively; $P < 0.05$). On the other hand, the R line had a significantly lower number of kits born than the RF and RLP lines (on average -1.2 total births and -1.7 live births; $P < 0.05$). In addition, the survival of the kits throughout lactation was higher in the RLP line compared to the other two lines (+0.5 kits at weaning; $P < 0.05$). With these results, it can be concluded that the introduction of resilient genetics in an elite paternal line contributes to improving fertility and prolificacy, as well as the survival of rabbit females and their litters.

Keywords: Rabbit, paternal lines, resilience, reproduction.

Introducción

La selección de animales con el fin de obtener mejores rendimientos ha tenido como consecuencia una reducción de la variabilidad genética en poblaciones altamente seleccionadas (Danchin-Burge et al., 2012; Destoumieux-Garzón et al., 2020). Estos animales presentan una menor capacidad a la hora de gestionar sus recursos para producción, mecanismos de defensa y funcionalidad (Colditz y Hine, 2016). Así, se observan alteraciones como la disminución del

instinto maternal en hembras seleccionadas por velocidad de crecimiento (Gómez et al., 1999), una correlación negativa entre la producción de leche y fertilidad de las hembras, así como un debilitamiento inmunológico (Destoumieux-Garzón et al., 2020). Según Martínez-Paredes et al. (2018), dos de cada tres conejas son eliminadas debido a enfermedades o problemas reproductivos suponiendo un obstáculo a la rentabilidad de las explotaciones cunícolas. Esto demuestra la importancia de tener animales, no solo con características productivas, sino también capaces de conciliar el criterio productivo por el cual han sido seleccionados, con una buena salud y reproducción eficiente (Rauw, 2009; Arnau-Bonachera et al., 2018).

Las líneas paternas de conejo se caracterizan por una elevada velocidad de crecimiento durante la fase de engorde, pero muchos estudios indican que tienen peores índices reproductivos (Naturil-Alfonso et al., 2016) y una mayor sensibilidad frente a desafíos inmunológicos (García-Quirós et al., 2014). Una de las posibles soluciones para reducir los problemas de las líneas paternas sería la generación de una nueva línea, a partir de las poblaciones actuales paternas, en la que se eligiera a los animales élite, que compatibilizase reproducción y velocidad de crecimiento. Por otro lado, la introducción de robustez genética, que se puede definir como la aptitud de hacer frente a los desafíos ambientales sin comprometer su capacidad de reproducirse (Friggens et al., 2017), puede dar origen a animales resilientes y con una elevada capacidad reproductiva (García-Quirós et al., 2014).

A partir de la generación de dos nuevas líneas bajo dichos criterios, el objetivo de este experimento fue comparar la capacidad reproductiva de conejas de 3 líneas paternas distintas hasta el tercer parto.

Material y métodos

Los animales utilizados pertenecen a 3 líneas genéticas (R, RF y RLP) desarrolladas en la Universitat Politècnica de València. La línea R se caracteriza por ser una línea paternal seleccionada por velocidad de crecimiento durante la fase de engorde (Estany et al., 1992). La línea RF se ha creado a través de la fundación de una población a partir de los animales élite (alta velocidad de crecimiento y buena reproducción) procedentes de 4 núcleos de selección. Finalmente, se ha fundado una población RLP por retrocruzamiento de las líneas RF y LP (fundada por longevidad productiva y caracterizada por una elevada resiliencia; Sánchez et al., 2008; Savietto et al., 2015) hasta 7/8 RF y 1/8 LP.

Las conejas fueron alimentadas *ad libitum* hasta el primer parto con una dieta comercial para animales de crecimiento (Cunivita SD de NANTA S.L.; proteína bruta 14,5% y fibra bruta 19,8%) y a partir de ese momento con una dieta para reproductoras (GESALPA UPV de NANTA S.L.; proteína bruta 17,4% y fibra bruta 15,5%). Se controló el tamaño de camada al parto, 18 días posparto y destete (a 28 días) hasta el tercer parto. Por otra parte, se determinó los porcentajes de fertilidad y de permanencia en granja de las conejas desde la primera inseminación al tercer parto. El efecto del tipo genético sobre los datos de fertilidad y permanencia en granja de las conejas se analizaron mediante un análisis de chi-cuadrado. Los datos del tamaño de camada fueron analizados mediante un modelo mixto que incluyó como efectos fijos la línea, el número de parto y su interacción, y la coneja como efecto aleatorio.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra el efecto del tipo genético sobre los porcentajes de fertilidad para los tres primeros ciclos reproductivos y la permanencia en la granja de las conejas entre la primera inseminación y el tercer parto.

En lo que se refiere a los porcentajes de permanencia en la granja, las conejas de la línea R mostraron los porcentajes más bajos de las tres líneas a lo largo de los 3 ciclos reproductivos controlados. Al primer parto las conejas R mostraron una menor permanencia en la granja que las conejas RF (-16 puntos porcentuales; $P < 0,05$), y a partir de dicho momento su permanencia fue claramente inferior a la observada por las conejas RLP (de media -24 puntos porcentuales;

$P < 0,05$), teniendo las conejas RF valores intermedios. En trabajos previos realizados con la línea LP se ha observado que estas conejas muestran una mejor capacidad de supervivencia cuando se enfrentan a diferentes desafíos ambientales e inmunológicos (Ferrián et al., 2013; Saviotto et al., 2015). Estos resultados podrían indicar que la introducción de genética robusta en una línea paterna podría contribuir a mejorar su capacidad de enfrentarse a desafíos ambientales, que pueden condicionar su permanencia en la granja.

Tabla 1. Porcentaje de fertilidad en cada ciclo reproductivo y permanencia en la granja de las conejas en función de la línea genética.

	Línea Genética		
	R	RF	RLP
Fertilidad (%)			
1 ^{er} ciclo reproductivo	83,6 ^a	95,2 ^b	83,1 ^a
2 ^o ciclo reproductivo	71,8 ^{ab}	57,4 ^a	81,1 ^b
3 ^{er} ciclo reproductivo	69,0	71,1	75,6
Permanencia en granja (%)			
1 ^a inseminación (nº de animales)	67	65	71
1 ^{er} parto (%)	71,6 ^a	87,7 ^b	81,7 ^{ab}
2 ^o parto (%)	46,3 ^a	63,1 ^{ab}	74,6 ^b
3 ^{er} parto (%)	35,8 ^a	52,3 ^{ab}	56,3 ^b

^{a,b} Las medias que no comparten superíndice en una misma línea fueron diferentes significativamente a $P < 0,05$.

En lo que se refiere al porcentaje de fertilidad, las conejas RF tuvieron una mayor fertilidad que las conejas R y RLP en el primer ciclo reproductivo (de media +12 puntos porcentuales; $P < 0,05$). El hecho de que la línea RF se fundó eligiendo a los mejores animales de la línea R, podría explicar esta mejor fertilidad en el primer ciclo. Sin embargo, en el segundo ciclo se produce una clara caída en la fertilidad de las conejas RF, que fue significativamente menor que la observada para las conejas RLP (-24 puntos porcentuales; $P < 0,05$). Por otra parte, la fertilidad de las conejas fue menos variable en las conejas RLP (rango: 76 a 83%) en comparación con las conejas R (69-84%) y RF (57-95%). Estos resultados refuerzan de nuevo la idea de que la introducción de genética resiliente reduce la sensibilidad de los animales al ambiente, mostrando sus parámetros una mayor estabilidad. De hecho, algunos trabajos donde se ha seleccionado conejas por mayor homogeneidad en el tamaño de camada, se ha visto que dichas conejas mostraban características de robustez (Blasco et al., 2017).

En la Tabla 2 se muestra el efecto del tipo genético sobre el tamaño de camada de las conejas hasta el tercer parto.

Tabla 2. Tamaño de camada en función de la línea genética.

	Línea Genética			P-valor
	R	RF	RLP	
Número de nacidos totales	7,43 ^a	8,43 ^b	8,76 ^b	0,0197
Número de nacidos vivos	5,14 ^a	6,63 ^b	6,98 ^b	0,0054
Número de estandarizados al parto	7,00	7,00	6,95	0,4485
Número a los 18 días postparto	5,95 ^a	6,02 ^a	6,56 ^b	0,0052
Número a los 28 días postparto (destete)	5,77 ^a	5,84 ^a	6,33 ^b	0,0349

^{a,b} Las medias que no comparten superíndice en una misma línea fueron diferentes significativamente a $P < 0,05$.

Las conejas de la línea R tuvieron un número de gazapos nacidos significativamente más bajo que las líneas RF y RLP (de media -1,2 nacidos totales y -1,7 nacidos vivos; $P < 0,05$). Una vez estandarizadas las camadas al parto a 7 gazapos, la supervivencia de los gazapos a lo largo de la lactación fue significativamente mayor con la línea RLP respecto a las otras dos líneas (de media +0,6 y +0,5 gazapos a los 18 y 28 días postparto, respectivamente; $P < 0,05$). Incluso cuando se igualan camadas, para igualar esfuerzos reproductivos, las líneas paternas tienen menos gazapos al nacimiento y destete que las maternas (Arnau-Bonachera et al., 2018). Es por ello entendible, que la introducción de genética LP en la línea paterna RLP haya supuesto una mejora del tamaño de camada al parto, aunque también podría estar relacionado con las mejores características de la línea RF, también utilizada en la fundación de la línea RLP, y que mostró

tamaños de camada similares al parto. Por otra parte, la introducción de genética maternal LP mejoró la supervivencia de los gazapos a lo largo de la lactación, tal y como han observado otros autores previamente (Arnau-Bonachera et al., 2018).

A partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que la fundación de una línea paternal mediante selección de animales élite podría mejorar algunos de los parámetros reproductivos, especialmente en el primer ciclo reproductivo. Sin embargo, la introducción de genética resiliente en las líneas paternas nos ha permitido mejorar la mayoría de los parámetros reproductivos y la supervivencia, tanto de las hembras como de sus camadas, a lo largo del periodo reproductivo.

Agradecimientos: Este estudio fue financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades del Gobierno de España (AGL2017-85162-C2-1-R). También se agradece el contrato Grisólia de Catarina Gonçalves de la Consellería de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital de la Generalitat Valenciana (GRISOLIAP/2019/149).

Bibliografía: Arnau-Bonachera A, Cervera C, Blas E, Larsen T, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Pascual JJ. 2018. Long-term implications of feed energy source in different genetic types of reproductive rabbit females: I. Resource acquisition and allocation. *Animal* 12:1867-1876. ■ Blasco A, Martínez-Álvaro M, García ML, Ibañez-Escriche N, Argente MJ. 2017. Selection for environmental variance of litter size in rabbits. *Gen Sel Evol* 49:48. ■ Colditz IG, Hine BC. 2016. Resilience in farm animals: biology, management, breeding and implications for animal welfare. *Anim Prod Sci* 56:1961-1983. ■ Danchin-Burge C, Leroy G, Brochard M, Moureaux S, Verrier E. 2012. Evolution of the genetic variability of eight French dairy cattle breeds assessed by pedigree analysis. *J Anim Breed Genet* 129:206-217. ■ Destoumieux-Garçon D, Bonnet P, Teplitsky C, Criscuolo F, Henry PY, Mazurais D, Friggens NC. 2020. OneARK: Strengthening the links between animal production science and animal ecology. *PCI Anim Sci* <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3632731>. ■ Estany J, Camacho J, Baselga M, Blasco A. 1992. Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Genet Sel Evol* 24: 527-537. ■ Ferrian S, Blas E, Larsen T, Sánchez JP, Friggens NC, Corpa JM, Baselga M, Pascual JJ. 2013. Comparison of immune response to lipopolysaccharide of rabbit does selected for litter size at weaning or founded for reproductive longevity. *Res Vet Sci* 94:518-525. ■ Friggens NC, Blanc F, Berry DP, PUILLET L. 2017. Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Animal* 11:2237-2251. ■ 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. *Vet Immunol Immunopathol* 161:123-131. ■ Gómez EA, Baselga M, Rafel O, García ML, Ramón J. 1999. Selection, diffusion and performances of six Spanish lines of meat rabbit. *Cahiers Options Méditerranéennes (CIHEAM)* 41:147-152. ■ Martínez-Paredes E, Ródenas 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. ■ Naturil-Alfonso C, Lavara R, Millán P, García-Rebollar P, Vicente JS, Marco-Jiménez F. 2016. Study of failures in a rabbit line selected for growth rate. *World Rabbit Sci* 24(1):47-53. ■ Rauw WM. 2008. *Resource allocation theory applied to farm animal production*. CAB International, Wallingford, UK. ■ Sánchez JP, Theilgaard P, Mínguez C, Baselga M. 2008. Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *J Anim Sci* 86:515-525. ■ Savietto D, Friggens NC, Pascual JJ. 2015. Reproductive robustness differs between generalist and specialist maternal rabbit lines: the role of acquisition and allocation of resources. *Genet Sel Evol* 47:1-12.

Síguenos en las redes sociales de **ADESCU**



Asescu



@Asescu

#



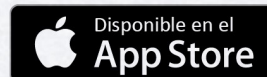
Asescu18



www.asescu.com



App de Asescu





coren

Alimentos de Galicia

Alimentación Animal Certificada

**Trabajamos por una
alimentación de calidad,
segura y sostenible**



www.coren.es

 **coren** AGROINDUSTRIAL, S.A.U.