



36

Symposium
de cuni-
cultura de
ASESCU

peñíscola
12 Y 13 DE MAYO DE 2011

Libro de actas

patrocinan



organizan

ADS de
Sant Mateu
i Alt Maestrat
Els Ports y Calig



GOMEZ Y
CRESPO



GOMEZ Y CRESPO

PRESENTA
EL
MODELO

BURELA 2010



CUNICULTURA INDUSTRIAL

¡Su inversión en buenas manos!

Libro de actas

XXXVI SYMPOSIUM DE CUNICULTURA DE ASESCU

Peñíscola, 12-13 mayo 2011

Coordinadores:

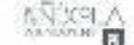
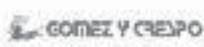
Ignacio Badiola Sáiz

Ceferino Torres Lozano

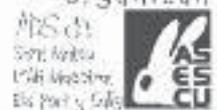
Tomás M. Rodríguez Serrano

Pedro González Redondo

Patrocina



organiza



El XXXVI Symposium de Cunicultura de ASESCU se celebró en Peñíscola, Castellón los días 12 y 13 de mayo de 2011.

El simposio fue organizado por:

- La Asociación Española de Cunicultura
- ADS de Calig
- ADS de Els Port
- ADS de L´Alt Maestrat
- ADS de Sant Mateu

Contó con el patrocinio de las siguientes instituciones:

- Ayuntamiento de Peñíscola
- Diputación Provincial de Castellón
- INTERCUN

Contó con el patrocinio de las siguientes empresas:

- Gómez y Crespo
- Novartis
- Piensos Vigorán, S.L.

Contó con la colaboración de las siguientes empresas:

- Adibio
- Alpharma – Pfizer Salud Animal
- Andres Pinaluba
- Chabeauti
- Comercial Ferrando
- Copele
- Elanco Spain
- Gaun
- Granja Jordán
- Grupo Hermi
- Humeco
- Inserbo
- I-Set, Centre d´inseminació
- La Unió de Llauradors i Ramaders
- Laboratorios Hipra
- Maymo
- Nanta
- Núter Feed
- S.P. Veterinaria
- Tecnifeed
- Veterinaria Esteve

Contó con la colaboración de:

- D.^a M^a José Pitarch Segura
- D. Sergio Besalduch Folch

Los coordinadores de este libro de actas fueron:

Ignacio Badiola Sáiz
Ceferino Torres Lozano
Tomás M. Rodríguez Serrano
Pedro González Redondo

DISEÑO Y MAQUETACIÓN: Editorial Agrícola Española, S.A.

ISBN: 978-84-614-9362-3

7 PARTE 1: Ponencias

- 9 La cunicultura en Castellón
Sergio Besalduch Folch
- 18 Algunos conceptos para la mejora de la rentabilidad en explotaciones cunícolas
Pascual M., Serrano P., Torres C., Gómez E.A.

25 PARTE 2: Nutrición

- 27 Relación entre temperatura ambiental, línea genética y digestibilidad en conejas lactantes
Sáez M.J., Savietto D., Ródenas L., Martínez E., López M.C., García-Diego F.J., Fernández C., Pascual J.J., Blas E., Cervera C.
- 31 Aumento del nivel de fibra soluble y almidón en dietas para conejos en crecimiento: efectos sobre la eficacia alimenticia y los rendimientos productivos
Trocino A., Fragkiadakis M., Majolini D., Tazzoli M., Carabaño R., Xiccato G.
- 35 Efecto de una restricción alimenticia después del destete sobre la mortalidad y los rendimientos productivos de conejos en cebo
Cachaldora P., Losada B., Méndez J., Prieto C., Gullón J., de Blas C., García-Rebollar P.
- 39 El manejo alimentario de los conejos en destete. Efecto sobre los rendimientos de crecimiento de los gazapos y reproductivos de las madres
Pinheiro V., Outor-Monteiro D., Fontes P., Steczová L., Mourão J.L.
- 44 Utilización de la torta de palmiste en piensos de cebo de conejos
Losada B., Cachaldora P., Méndez J., De Blas J.C.
- 49 Digestibilidad "in vitro" de la materia seca y fibra detergente neutra de las harinas integrales de *Lablab purpureus* (dólicho) y *Stizolobuium niveum* (mucuna)
Caro Ríos Y., Dihigo L.E., Hernández Y., Domínguez M.

53 PARTE 3: Gestión

- 55 Informe de resultados de gestión técnica con bdcuni 2010
Serrano P., Pascual M., Gómez E.A.

59 PARTE 4: Genética

- 61 Evaluación de la longevidad de cuatro líneas maternas de conejo y sus correspondientes cruces
Ragab M., Sánchez J.P., Mínguez C., Baselga M.
- 65 Origen genético de la coneja, condiciones ambientales de lactancia y supervivencia de gazapos en el cebadero
Savietto D., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Martínez-Vallespín B., García-Diego F.J., Fernández C., Pascual J.J., Blas E., Cervera C.

69 PARTE 5: Etología

- 71 Agresividad en conejas reproductoras en función de la edad. Implicaciones en la mezcla de animales
Olivas I., Villagrà A.
- 75 Efecto del tipo de jaula sobre el comportamiento de conejas reproductoras en distintos estados fisiológicos
Alfonso C., Martín E., Esteban M., De Blas C., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I.
- 79 Reducción de los tiempos de observación en la evaluación del comportamiento de conejas en producción. Análisis metodológico
Alfonso C., Martín E., De Blas C., García-Ruiz A.I., García-Rebollar P.

83 PARTE 6: Reproducción y composición corporal

- 85 Relación entre la composición química corporal, la fertilidad y la prolificidad en conejas primíparas
Taghouti M., Macchiavelli R., García J., Demey J., Nicodemus N.
- 89 Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA)
Saiz A., Nicodemus N., Abelleira D., Fernández A., García-Ruiz A.I.
- 92 Estima de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA)
Saiz A., Nicodemus N., Abelleira D., Fernández A., García-Ruiz A.I.
- 96 Correlación entre metodologías de estimación de la composición corporal en conejas reproductoras
Pereda N., Cardinali C., Castellini C., Lorenzo P.L., Rebollar P.G.
- 104 Composición corporal y datos productivos de conejas primíparas suplementadas con propilenglicol durante largos periodos de tiempo
Sakr O.G., Crespo R., Velasco B., García-García R.M., Arias-Álvarez M., García-Rebollar P., Lorenzo P.L., Rebollar P.G.
- 113 Respuesta hipofisaria y ovulatoria de conejas sometidas a diferentes tratamientos de inducción a la ovulación
Millán P., Villa A., Sakr O.G., Velasco B., Rebollar P.G.
- 118 Relación entre la producción de la coneja y los niveles plasmáticos de NEFA
García M.L., Peiró R., Muelas R., Argente M.J.

123 PARTE 7: Calidad de la canal

- 125 Evaluación de la grasa intramuscular y del contenido en ácidos grasos de la carne de conejo por espectroscopía de infrarrojo cercano
Zomeño C., Juste V., Hernández P.

- 129 Calidad nutricional de la carne de conejo alimentado con pienso enriquecido en Omega 3
Colin M., Camino Callarisa A., Teillet B., Varella E., Prigent A.Y.
- 134 Efecto de factores de riesgo asociados a patologías digestivas en granjas comerciales de cebo sobre la clasificación de canales en matadero
Gullón P., Prieto C., Sánchez del Cueto M., García-Rebollar P., Cachaldora P.
- 138 Valoración anatómica y calidad de la carne de conejos destetados a 28 ó a 42 días
Núñez-Romero N., Rebollar P.G., Villena P., García-Rebollar P.
- 142 Predicción de la composición de la canal de conejo con análisis de imágenes de cortes
Silva S.R., Guedes C.M., Mourão J.L., Pinheiro V.
- 145 Evaluación del análisis de imagen de vídeo para predecir la composición de la canal en conejos
Silva S.R., Mourão J.L., Guedes C.M., Pinheiro V.
- 149 PARTE 8: Patología**
-
- 151 Utilización del sistema Pheneplate para la caracterización de cepas de *Escherichia coli* y el diseño de autovacunas en conejos
Fernández A., Chacón G., Baselga R.
- 156 Impacto del estrés térmico sobre el sistema inmune en conejas reproductoras de diferentes tipos genéticos. Estudio preliminar
Ferrian S., Guerrero I., Blas E., García-Diego F.J., Pascual J.J., Corpa J.M.
- 160 La caracterización de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de nariz revela su potencial para causar enfermedad en conejos
Selva L., Viana D., Penadés J.R., Corpa J.M.
- 164 Efecto del diclazuril en la coccidiosis del conejo
del Cacho E., Lasa C., Homedes J.
- 167 Farmacocinética de marbofloxacino en conejos tras su administración subcutánea
Marín P., Álamo L.F., Cárceles C.M., Escudero E., Hernandis V., Fernández-Varón E.
- 171 Susceptibilidad de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas en granjas cunícolas frente a marbofloxacino y enrofloxacino
Álamo L.F., Fernández-Varón E., Corrales J.C., Gómez-Martín A., Fe C.D., Escudero E., Cárceles C.M., Marín P.
- 174 Comparación farmacocinética de tres fluoroquinolonas en el conejo tras su administración intramuscular
Marín P., Álamo L.F., Escudero E., Cárceles C.M., Espuny A., Fernández-Varón E.
- 177 Desarrollo de una vacuna de subunidad contra el virus de la enfermedad hemorrágica del conejo. Primeras evidencias de seguridad y eficacia
García M., Rodríguez A., Suárez M., González N., Vargas M., Santana E., Pérez C., Li-monta M., Valdés J., Montero C., Ancizar J.A., Puentes P., Fuentes Y., Sayas G.; Estrada M.P., Farnós O., Sánchez K., González E.M., Mena J., Capucci L., Parra F., Borroto C., Rodríguez D., Baryolo L., Vázquez A., Morell G.

PARTE 1

PONENCIAS

- **La cunicultura en Castellón**

Sergio Besalduch Folch

- **Algunos conceptos para la mejora de la rentabilidad en explotaciones cunícolas**

Pascual M., Serrano P., Torres C., Gómez E.A.

XXXVI Symposium de Cunicultura



La cunicultura en Castellón

Rabbit production in Castellón

Sergio Besalduch Folch

SERVET. Servicios Veterinarios

*Dirección de contacto: sergiobes@hotmail.es

Introducción

- La producción cunícola en la provincia de Castellón ha tenido y tiene gran tradición e importancia dentro de las producciones ganaderas de la Comunidad Valenciana.
- Instaurada en la provincia desde los años 70 es una cunicultura quizás un tanto anticuada con respecto a comunidades del oeste de España, mucho más jóvenes en cuanto a su desarrollo y más modernas en cuanto a su construcción y gestión empresarial.
- La bonanza climática que el litoral mediterráneo proporciona ha hecho de la cunicultura en nuestras tierras una actividad propicia y rentable ya que con inversiones menores en calefacción-refrigeración se han podido alcanzar producciones nada desdeñables.
- Desde antaño ha representado una actividad familiar complementaria de la agricultura y otros desempeños profesionales. Actualmente existen muchas explotaciones que son el motor básico de la economía familiar.
- Castellón cuenta con explotaciones nuevas de ambiente controlado compartiendo actividad con explotaciones muy viejas que no han sido capaces de adaptarse a los nuevos tiempos y que mantienen las infraestructuras del pasado.
- Para mejor comprensión de la situación del sector vamos a compararlo con el resto de la producción cunícola en España.
- Para ver su evolución hay que dar marcha atrás en el tiempo y comparar con datos del pasado.

Retrospectiva del sector cunícola en España

	1988 (*)					Orden Prioridad hembras	01/05/2010					Orden Prioridad hembras
	Cabe	Reproducción	Reproductores Machos	Reproductores hembras	Crian Proliferación hembras		Cabe	Reproducción	Reproductores Machos	Reproductores hembras	Crian Proliferación hembras	
Andalucía	922393	23833	36720	181207	4						10	
Aragón	582969	24300	20765	140702	6	45 024	1 097	2 418	86 229	5		
Asturias	42610	6008	8403	33123	11	25 181	1 277	64	4 421	16		
Baleares	50725	2367	3237	10975	15	7	423	1 245	17			
Cantabria	148555	10882	12411	45815	10	52 370	4 035	1 764	20 312	11		
Castilla-La Mancha	82750	3622	3275	18933	16	59 121	2 599	378	9 751	14		
Castilla y León	617 113	29999	29622	167906	8	409 414	30 549	3 532	91 497	3		
Cataluña	871175	121620	80644	82344	7	795 729	89 694	4 070	143 024	1		
Extremadura	2575056	149413	109350	519586	1	1 365 945	71 282	19 308	286 572	2		
Galicia	130825	6863	6960	25 115	12	18 935		541	13 903	12		
Madrid	1244126	57373	66076	362126	3		81 606	4 263	146 163	2		
La Rioja	86108	4461	3352	23799	13	54 221	3 242	414	10 993	13		
Navarra	18184	1560	845	5025	17	5 544	880	100	2 585	18		
País Vasco	89432	2802	2999	21 774	14	107 859	5 092	1 361	25 395	8		
Valencia	329777	35993	7 192	63903	9	241 359	741	741	20 912	7		
País Vasco	553297	9077	8811	44284	9	118 225	75 035	1459	75 593	9		
C.Valenciana	718863	47841	25269	186485	3	624 215	16656	4 708	120 644	4		
Total España	8084674	622787	417490	2222939		3.995.214	228.792	46.395	1.038.814			

(*) Fuente: Encuesta Nacional de Cunicultura 1988. Total Cabeza Cunicola 1988. M.A.P.A. Diciembre 1990. XV Symposium Nacional Cunicultura. Castellón 1991. Fuente: MARM - REGA - 16/2010. * Fuente: MARM - S/TRAN - 14/2010.

Evolución del censo cunícola en los últimos tres años

	01/01/2008				01/01/2009				(*) 01/09/2010				Orden Potencial hectáreas
	Cebo	Reposición	Reproductoras Macho	Reproductoras Hembra	Cebo	Reposición	Reproductoras Macho	Reproductoras Hembra	Cebo	Reposición	Reproductoras Macho	Reproductoras Hembra	
Andalucía	0	2.438	1.374	28.828	0	12.947	1.265	25.286		9.657	1.204	22.980	13
Aragón	33.214	405	2.368	36.888	33.573	400	2.260	63.542	48.204	1.087	2.418	66.229	5
Asturias	40.096	2.801	598	43.495	28.521	1.183	113	6.024	26.181	1.277	44	4.421	15
Baleares	0	0	618	2.357	0	0	497	1.697		7	423	1.286	17
Canarias	2.019	4.864	2.504	22.897	43.118	5.129	2.519	21.546	40.313	5.924	1.754	24.397	11
Cantabria	86.226	17.372	805	10.608	67.364	7.083	1.164	12.384	38.721	2.882	378	9.781	14
Castilla La Mancha	465.728	36.578	19.734	135.688	426.760	29.668	6.000	109.429	406.414	33.549	3.533	91.867	8
Castilla y León	0	36.492	6.522	142.732	0	48.249	8.753	147.263	795.726	36.364	4.373	93.944	2
Cataluña	1.372.113	71.871	20.438	285.480	1.418.458	18.203	71.283	277.407	1.368.858	11.260	19.336	268.912	1
Extremadura	30.254	0	712	2.503	28.263	0	542	9.130			541	13.023	12
Galicia	0	8.369	1.289	66.848	0	41.852	6.616	104.203		41.336	4.263	164.702	7
La Rioja	36.230	3.561	498	11.338	61.464	3.226	400	11.046	24.201	3.242	414	13.293	13
Madrid	30.226	830	14	1.741	9.021	470	46	2.717	8.648	680	109	2.886	18
Murcia	143.547	10.252	1.108	25.744	121.938	7.424	1.149	33.330	127.650	5.092	1.201	28.083	9
Navarra	234.181	0	801	35.202	208.830	0	820	34.444	241.208		741	23.912	11
Pais Vasco	137.583	6.475	808	27.230	121.330	4.080	560	34.680	118.253	15.025	140	25.180	6
Valencia	816.330	18.731	6.840	196.358	568.463	17.832	4.263	126.871	664.215	19.656	4.708	123.644	4
Total España	3.088.231	226.621	36.348	980.419	3.321.662	250.872	28.312	1.361.672	3.698.314	228.292	45.396	1.368.914	

(*) Fuente: MARM-REGA 13/2010
 Fuente: 667/08-07/10/04 14/02/11

CC. AA.	Cebo	Otros animales	Reposición	Hembras reproductoras	Machos reproductores	Total
Andalucía		107.078	9.857	22.980	1.204	141.219
Aragón	45.024	364	1.087	66.225	2.418	148.121
Principado de Asturias	28.181	12	1.277	4.421	44	31.935
Iles Baleares		2.350	7	1.346	423	4.106
Canarias	62.370	1.959	4.956	20.312	1.754	91.030
Cantabria	86.121	107	2.658	9.751	378	98.915
Castilla La Mancha	406.414	2.358	30.549	91.867	3.532	537.321
Castilla y León	795.726	9.452	36.684	143.924	4.070	985.856
Cataluña	1.368.858	117.268	71.282	296.572	19.336	1.863.394
Extremadura	18.836			13.600	541	33.079
Galicia		634.576	41.076	144.183	4.263	823.898
Madrid	8.844	707	580	2.635	109	13.125
Región de Murcia	107.659		5.092	28.888	1.201	142.228
Comunidad F. Navarra	241.356			29.612	741	272.011
Pais Vasco						
La Rioja	64.221		3.242	10.560	414	68.437
Comunidad Valenciana	504.215	4.440	19.656	120.644	4.708	653.663
Total España	3.698.314	878.172	228.792	1.008.674	45.396	5.858.348



Fuente: Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA)
 Elaboración: S.G. Productores Ganaderos

	SITRAN				REGA		
	Explotaciones de producción conejos carne				Mataderos		
	01/06/2007	01/06/2008	01/06/2009	01/06/2010	01/01/2008	01/01/2009	01/04/2010
Andalucía	67	75	79	80	1	1	1
Aragón	365	368	350	335	8	8	8
Asturias	72	64	33	25	1	1	1
Baleares	359	122	107	80	1	1	1
Canarias	269	271	286	194	6	5	5
Cantabria	28	31	34	35	1	1	3
Castilla La Mancha	229	200	168	144	8	8	8
Castilla y León	261	278	257	232	3	4	4
Cataluña	2.083	1.656	1.798	1.428	17	28	29
Extremadura	75	76	75	75	1	1	1
Galicia	397	328	318	289	3	3	3
La Rioja	28	27	26	23	1	1	1
Madrid	10	11	12	5	2	2	2
Murcia	48	51	50	51	4	4	3
Navarra	66	59	47	43	4	5	5
País Vasco	23	23	23	27	1	1	1
C. Valenciana	319	257	225	213	9	11	13
Total España	4661	4198	3888	3271	70	95	87

* Consejería Agricultura y Pesca Comunidad Valenciana 1990. XVI Symposium Cunicultura Castellón 1991 Comunidad Valenciana 20 mataderos

Fuente: SITRAN (SG de Explotaciones y Sistemas de Trazabilidad. DG de Recursos Agrícolas y Ganaderos) REGA- MARM

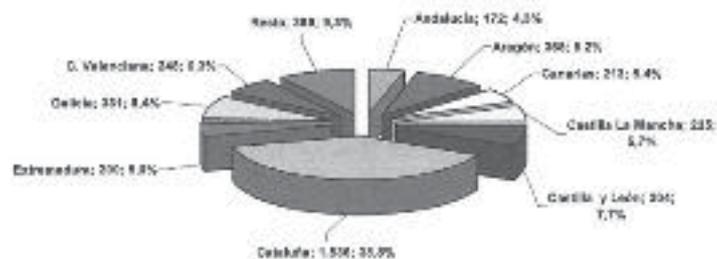
NÚMERO DE EXPLOTACIONES DE CONEJOS SEGÚN CLASIFICACIÓN ZOOECONÓMICA EN ESPAÑA: DISTRIBUCIÓN POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS (datos del Estado de Añ. Datos REGA actualizados a 01/06/2010)											
Comunidades Autónomas	Explotaciones	Multiplicadas	Centros de Inseminación en el Estado	Producción gestapos conejos carne	Gestapos de producción de carne para reproducción	Producción de piel	Producción de pelo	Explotaciones en serie de conejos de carne en España	Explotaciones en serie de conejos de reproducción en España	Rta. Clasificar	Total
Andalucía	1	2		80	26			3	4	37	172
Aragón	2	5	7	358				1		14	368
Principado de Asturias				28						1	29
Balears	1	4		65	1			2		10	79
Canarias	1	4	1	194	1			1	1	10	213
Cantabria				28	2	1		4	1	7	64
Castilla La Mancha		19	2	104	11	3		2		44	228
Castilla y León	5	6	4	219	6	2		2	3	40	304
Cataluña	5	19	2	1.428	21	6	1	3	5	26	1.619
Extremadura	2	6		75	118						201
Galicia		2	1	288	20					9	311
Madrid	1	1	1	6	6			1	1	27	44
Región de Murcia	2			67					1	5	80
Comunidad P. Navarra			1	42					1	7	87
País Vasco	1			27						1	31
La Rioja				23						1	24
Comunidad Valenciana	2	8	1	213	4					18	218
Total España	24	87	26	3.275	284	19	1	18	12	212	3.812

Fuente: Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA)

Elaboración S.G. Productor Ganadero

Distribución por CC AA del número de explotaciones cunícolas a 1 de junio de 2010		
CC AA	Nº explot.	%
Andalucía	172	4,3
Aragón	368	9,2
Canarias	213	5,4
Cast-La Mancha	228	5,7
Cast y León	304	7,7
Cataluña	1.619	41,6
Extremadura	201	5,0
Galicia	311	7,9
C. Valenciana	218	5,3
Madrid	284	7,3
Total	3.812	100,0

DISTRIBUCIÓN POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS DEL NÚMERO TOTAL DE REPTILIANOS GUMCOLAS A 1 DE JUNIO DE 2010

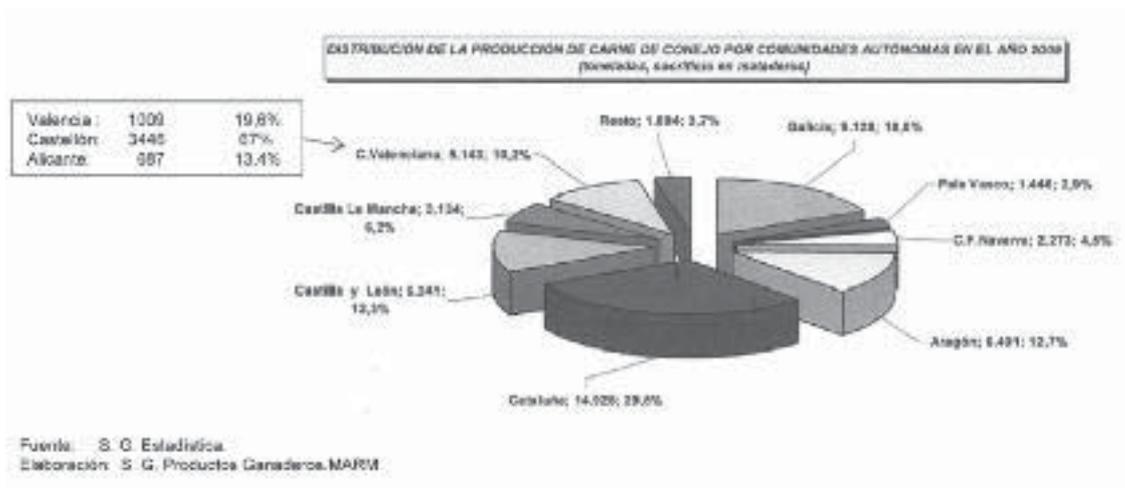


5º lugar

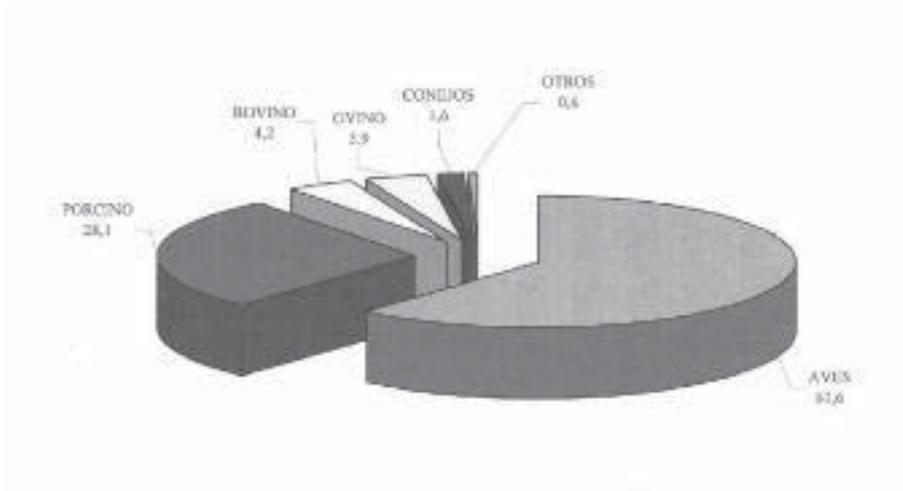
Producciones ganaderas en la Comunidad Valenciana

	2007				2008				2009			
PRODUCTOS GANADEROS	ALICANTE	CASTELLÓN	VALENCIA		ALICANTE	CASTELLÓN	VALENCIA		ALICANTE	CASTELLÓN	VALENCIA	
GARNE (T, para canal tota)												
bovino	5500	4366	30528		54179	40562	236020		53066	52713	200041	
ovino	2517	1327	32672		2102	1386	32510		1586	1090	28113	
caprino	5427	2915	4450		5149	3081	3527		4918	2355	2872	
caprino	188	40	108		62	63	68		38	119	42	
porcino	10090	11389	104972		8730	14055	9882		8664	28558	79154	
equino	30	241	1464		40	483	1349		47	596	1088	
avea	37020	34785	172582		37418	12004	100827		38745	18536	156695	
CONEJO	737	5320	1250	TOTAL 5067	605	4572	1084	TOTAL 5579	687	3445	1089	TOTAL 5142
LECHE (milas litros)												
vaca	2537	4552	25186		16078	4688	34731		17033	5228	39337	
ovrea	854	1390	12062		9035	1454	53028		10314	1727	36405	
cabra	398	308	285		405	343	419		390	376	552	
cabra	8297	2853	1830		6658	2831	2351		7257	3322	2376	
LAMA (T)	112	164	158		349	343	215		199	298	220	
HUEVOS (milas docenas)												
galina	5536	34036	68485		6058	11263	78437		5673	15132	78385	
pava	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
pato	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
oca	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
MIEL (T)	3318	1350	4546		970	1480	4631		1338	1629	4639	

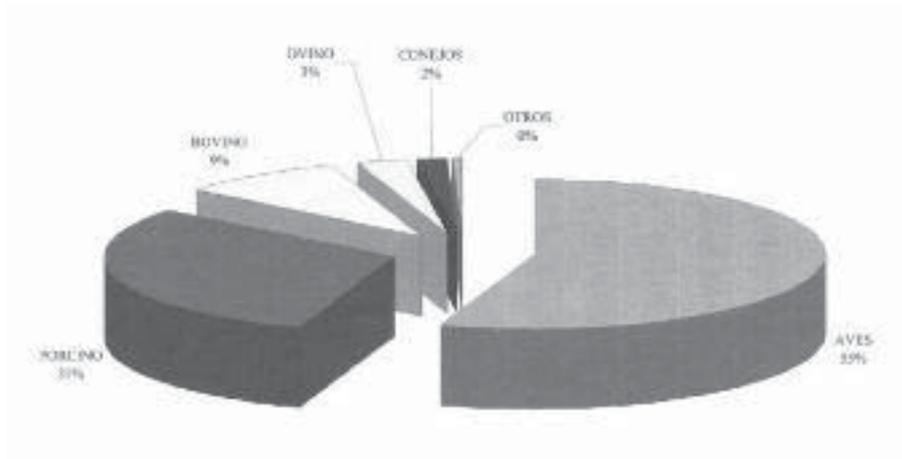
Fuente: Conselleria Agricultura y Pesca de la Comunidad Valenciana 2009.



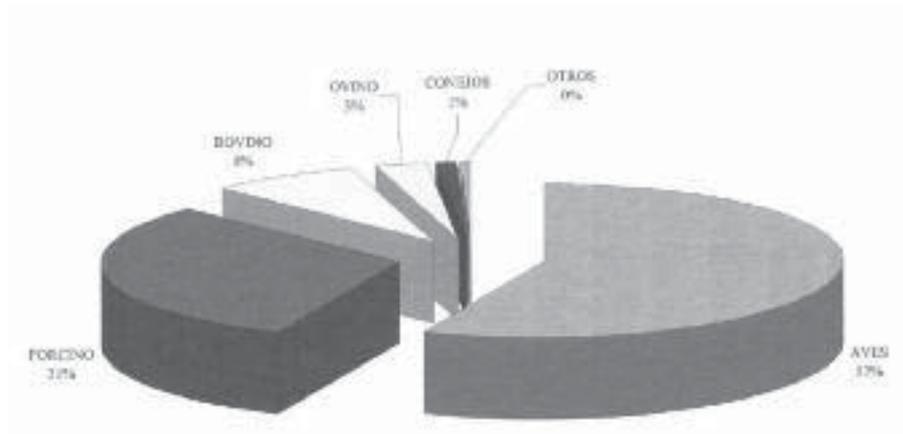
CARNE SACRIFICADA EN LA COMUNITAT VALENCIANA
AÑO 2007



CARNE SACRIFICADA EN LA COMUNITAT VALENCIANA
AÑO 2008



CARNE SACRIFICADA EN LA COMUNITAT VALENCIANA
AÑO 2009



Censo y número de explotaciones cunícolas en Castellón

	SITRAN												REGA			
	01/01/2008				01/01/2009				01/04/2010				01/01/2011			
	Caba	Carcas	Morta	PP. explotaciones	Caba	Carcas	Morta	PP. explotaciones	Caba	Carcas	Morta	PP. explotaciones	Caba	Carcas	Morta	PP. explotaciones
C. Valenciana	208.201	18.258	591	385	185.281	1.627	98	231	208.281	22.047	520	426				
TOTAL ESPAÑA	1.008.712	100.418	281	4281	1.001.742	138.129	261	4236	1.048.736	120.074	286	5409				
	32,2%	21,5%	+100	6,4%	18,9%	21,9%	+110	6%	17,6%	21,95%	+210	6,8%				
Castellón	202168	50272	107	127	205648	30482	443	114	226656	55082	514	117	153150	60710	578	185
C. Valenciana	-15,7%	-81,5%	-28	-15,7%	-16,4%	-81,5%	-30	-15,7%	-82,8%	-81,5%	-6	-16,5%				
TOTAL ESPAÑA	0,2%	5,12%	+122	2,85%	3,5%	4,75%	+125	2,7%	11,37%	5,1%	+129	3,8%				

Fuente: SITRAN (SG de Operaciones y Sistemas de Trazabilidad) EG de Recursos Agrícolas y Ganaderos. REGA. MARM

EXPLANTACIONES CUNICOLAS CASTELLÓN 2011

MUNICIPIO	CL. DOP	CATEGORIA	Nº Explota	PLACAS
Grupo ALBUJARDIA				
ALBUJARDIA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	341
ALFAR	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	7	850
CASTELLÓN	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	750
GAIBEL	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	3000
GAJOSO	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	750
JURDA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	2	1400
PIZET	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	1000
SERRAVAL	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	750
SORBE	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	850
Resumen por DOPAT = ALBUJARDIA (9 registros de detalle)			16	4282
Grupo SAN MESTRAT-SANT MATEU				
CAVALLO FORT	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	3	1140
IGAT	MULTIPLICACIÓN	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
SANT MESTRAT	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	12	4110
SANTA LA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	2	300
ROSELL	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	6	2216
SALSADELLA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	600
SANT MATEU	PROLIFERACIÓN DE PRODUCCIÓN PARA CARNE PARA R	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	600
SANT MATEU	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	4	800
TROU	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
VILLAR DE CARME	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	2	850
XICO	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	3	1400
Resumen por DOPAT = SAN MESTRAT-SANT MATEU (17 registros de detalle)			28	14650
Grupo EL MESTRAT				
ACORNITA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	9	3200
TOPERLANÇA	MULTIPLICACIÓN	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
VALL D'ALBA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	100
Resumen por DOPAT = EL MESTRAT (3 registros de detalle)			6	3580
Grupo LES PORTS				
ARC DEL MAESTRE	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	750
BENSAJAL	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	2	300
CALTORRE	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
CULLA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	3	600
NOVA DE MORELLA LA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	400
ROSELLA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	3	2110
ROSELL DE MORELLA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	2	620
TORRELLA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
VILLAFRANCA DEL RIO	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	4	2840
Resumen por DOPAT = LES PORTS (9 registros de detalle)			17	15730
Grupo L'ALCALATEU				
ALCORA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
COSTUR	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	400
FRUJASQU	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	750
LEPUSALDE CUI	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	300
VILLA HEMODA DEL R	CRANIO DE PRODUCCIÓN PARA CARNE PARA R	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	30
VILLAFRANCA DEL R	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	5	2200
Resumen por DOPAT = L'ALCALATEU (8 registros de detalle)			6	3280
Grupo LA PLANA ALTA				
CASTELLÓN DE LA PLA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	270
SURAS	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	2	620
Resumen por DOPAT = LA PLANA ALTA (2 registros de detalle)			3	720
Grupo LA PLANA BAJA				
AVIA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	1	240
Resumen por DOPAT = LA PLANA BAJA (1 registro de detalle)			1	240
Grupo LA PLANA DE VUARCS				
CAJIC	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	4	1900
TRAVARCA	PRODUCCIÓN DE CARIPOS PARA CARNE	REPRODUCTORAS HEMBRA	7	4480
Resumen por DOPAT = LA PLANA DE VUARCS (2 registros de detalle)			11	6380
Suma total			101	67376

Fuente: Sección Producción y Sanidad Animal. Castellón

Evolución Cunicultura en la OCAPA BAIX MAESTRAT-SANT MATEU

AÑO 1998

Población	Clasificación Zootécnica	Nº Explotaciones	Nº Plazas
Sant Mateu	Reproductoras	13	5820
Albocacer	Reproductoras	2	300
Canet la Roig	Reproductoras	5	1275
Cati	Reproductoras	15	9613
La Jana	Reproductoras	2	455
Xert	Reproductoras	6	1400
Rosell	Reproductoras	13	3965
Salzadella	Reproductoras	2	525
Sarratella	Reproductoras	1	30
Tirig	Reproductoras	5	2280
Torre d'en Bassa	Reproductoras	1	60
Vilar de Canes	Reproductoras	2	280
Traiguera	Reproductoras	8	3285
		76	29378
		Tamaño medio	386,5

*Fuente: D. Àlex Vericat Forcadell,
 Director de la OCAPA BAIX MAESTRAT-SANT MATEU, Marzo 2011.

AÑO 2011

Población	Clasificación Zootécnica	Nº Explotaciones	Nº Plazas
Sant Mateu	Reproductoras	4	1800
Albocacer	Reproductoras	0	0
Canet la Roig	Reproductoras	3	1340
Cati	Reproductoras	12	4110
La Jana	Reproductoras	2	760
Xert	Reproductoras	3	1300
Rosell	Reproductoras	9	7215
Salzadella	Reproductoras	1	600
Sarratella	Reproductoras	0	0
Tirig	Reproductoras	1	200
Torre d'en Bassa	Reproductoras	0	0
Vilar de Canes	Reproductoras	2	530
Traiguera	Reproductoras	2	465
		44	23319
		Tamaño medio	530

*Fuente: D. Àlex Vericat Forcadell,
 Director de la OCAPA BAIX MAESTRAT-SANT MATEU, Marzo 2011.

Agrupaciones de Defensa Sanitaria (A.D.S.)

Nº ADS: 7

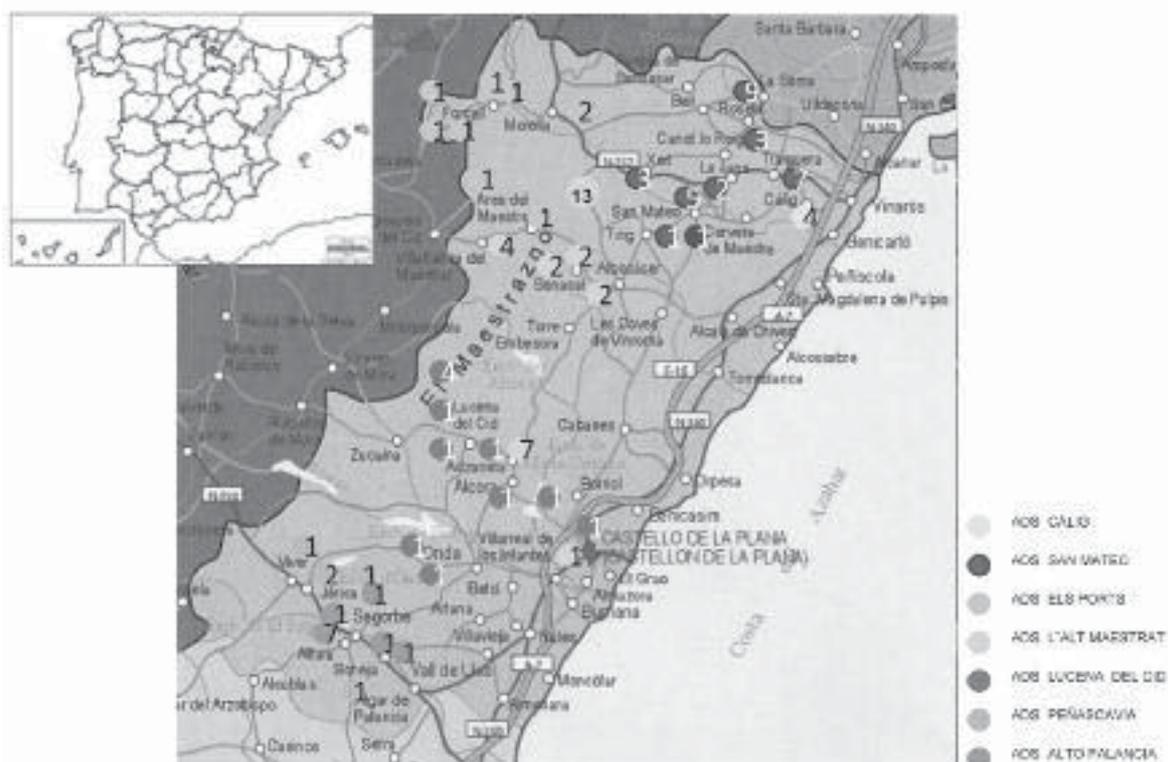
Nº Explotaciones en ADS: 103

Plazas de Reproductoras en ADS: 61.827

Distribución por ADS:

ADS	Nº Unidades	Plazas Reproductoras	Tamaño medio Explotación
Alto Palancia	11	10.830	984,5
Càlig	4	1.862	465,5
L'Alt Maestrat	31	11.716	378
Els Ports	9	6.480	720
San Mateo	31	19.179	618,6
Lucena del Cid	12	5.725	477
Peñascavía	5	6.035	1207
	103	61.827	600,26

Fuente: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana. Direcció Territorial de Castelló. Marzo 2011.



Datos sector cunícola Castellón 2010

FÁBRICAS DE PIENSO

Nº FÁBRICANTES DE PIENSO PARA CUNICULTURA:	3		
PRODUCCIÓN PIENSO (TM/año):			
- pienso engorde:	no medicado antibióticos:		4.502,45
	medicado antibióticos:		21.778,53
- pienso reproductoras:	no medicado antibióticos:		1.121,56
	medicado antibióticos:		9.788,44

MATADEROS

Nº MATADEROS AUTORIZADOS SACRIFICIO CONEJOS:	3		
DATOS DE SACRIFICIOS:			
- nº animales sacrificados:			2.481.262
- nº Kg. canal:			2.924.943
- peso medio canal (Kg):			1,178

Fuente: Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana. Direcció Territorial de Castelló. Marzo 2011.

Algunos conceptos para la mejora de la rentabilidad en explotaciones cunícolas

Some concepts for improving profitability of rabbit farms

Pascual M.¹, Serrano P.¹, Torres C.², Gómez E.A.¹

¹ Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Apartado 187, 12400 Segorbe (Castellón), España

² Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia, 46022 Valencia, España

Dirección de contacto: pascua_mdel@gva.es

Resumen

La cunicultura no atraviesa por buenos momentos y la rentabilidad de muchas de las explotaciones españolas está cada vez más comprometida. En este trabajo se intenta conocer y razonar sobre algunas cuestiones generales que podrían contribuir a la mejora de la rentabilidad de las explotaciones cunícolas. El conocimiento sobre el origen de los ingresos y costes de nuestra explotación tanto fijos como variables es imprescindible a la hora de adoptar medidas adecuadas que contribuyan a mejorar la situación económica de nuestras explotaciones.

Palabras clave: Conejo, gestión técnico económica, rentabilidad.

Abstract

The economical situation of the Spanish rabbitries in the last years is especially weak, involving a reduction of the profitability. In this work, some concepts of technical management and possible consequences of changes in management on profitability are argued.

Key words: Technical and economical management, profitability, rabbit.

Introducción

En una situación como la que atraviesa actualmente la cunicultura se hace imprescindible abordar una serie de cuestiones que nos permitan comprender mejor lo que ocurre en nuestra explotación y por tanto poder actuar de forma correcta con el objetivo de mejorar la rentabilidad. Para ello el primer paso es realizar de manera correcta y continuada, una buena gestión técnico/económica dentro de la explotación. La recogida de información y el análisis y comparación de los resultados obtenidos nos permitirá obtener una visión real de la situación en que nos encontramos en cada momento y cuáles deben ser las medidas a adoptar. Una vez realizada la gestión es también importante conocer cómo puedo mejorar la rentabilidad de mi explotación. En el presente trabajo se intenta dar respuesta mediante simulación de datos a algunas cuestiones que el cunicultor se puede plantear a la hora de mejorar la rentabilidad de la explotación, ya que ciertos cambios en manejo pueden disminuir los costes pero a su vez pueden afectar gravemente los ingresos.

¿Cuáles son los costes e ingresos que hay en una explotación?

A la hora de plantearse mejorar los beneficios de nuestra explotación es necesario conocer de dónde vienen los ingresos y dónde se producen los costes, tanto fijos como variables. Los costes fijos son aquellos que no dependen de la producción de la explotación, mientras que los costes variables dependen de la cantidad producida. De esta forma, cualquier cambio en el manejo que implique una reducción de la producción disminuirá los costes variables, pero no influirá sobre los costes fijos, aumentando por tanto su proporción con respecto a cada unidad de producción (v.gr. coneja reproductora) o unidad producida (v.gr. gazapo, kg de peso vivo).

Según los datos obtenidos por INTERCUN, en el año 2008 los costes fijos se estimaron en un 29,2% de los costes totales, siendo la mano de obra un 34,6% de los costes fijos, amortizaciones un 25,7%, gastos financieros un 14,8%, seguridad social un 7,9%, suministros un 5,4%, reparación y conservación 3,2%, trabajos de terceros 2,7%, primas de seguros 1,7%, tributos 1,8% y otros gastos 3,9%. Los costes fijos se estimaron en 0,60 euros/kg de peso vivo producido. Los costes variables supusieron un 70,8% del total de costes, donde el coste de alimentación se

estimó en un 85,2% de los costes variables, medicaciones un 5,4%, inseminación un 4,5%, y reposición y varios un 4,8%, siendo los costes variables de 1,45 euros por kg de peso vivo producido. Los costes totales en el 2008 se estimaron en 2,05 euros /kg de peso vivo producido (Pascual et al., 2008a).

Ante un aumento del precio del pienso, ¿es mejor aumentar o disminuir el número de hembras inseminadas o hembras en la explotación?

Como hemos podido comprobar el coste de alimentación es el coste más importante del total de costes de una explotación (60,3% de los costes totales). Si a esto le sumamos la inestabilidad de los mercados que provoca una subida continuada del precio de los piensos por aumento del precio de las materias primas, nos podemos hacer una idea de la importancia de realizar una buena gestión de los costes de alimentación. Así pues, ante un aumento del precio del pienso, ¿es mejor aumentar o disminuir el número de hembras inseminadas?

Veamos el caso de una explotación cuyo beneficio es positivo. Una reducción del número de hembras inseminadas disminuye el número de gazapos producidos, por lo que disminuyen los costes de alimentación en engorde. A su vez, se reducen los costes de alimentación de las hembras, ya que las vacías consumen menos pienso que si hubiesen quedado gestantes y hubiesen entrado en lactación. Sin embargo, la reducción de los ingresos por venta de carne de conejo es mayor que los costes ahorrados. Por tanto, la reducción de hembras inseminadas disminuye el beneficio de la explotación, tal como puede observarse en la Figura 1.

Ante una subida de pienso, aumenta el coste de alimentación de las hembras y del engorde, por lo que se reducen los beneficios (Figura 1). Por mucho que reduzcamos el número de inseminaciones no llegaríamos nunca a obtener el mismo beneficio que cuando el precio del pienso era menor. Un cunicultor se podría plantear reducir el número de hembras en lugar de reducir el número de inseminaciones, y así eliminar el coste de alimentación de las reproductoras vacías, pero esta disminución de costes sigue sin compensar la bajada de ingresos por venta de gazapos al matadero.

Hay que destacar que una reducción en las inseminaciones y número de hembras ante un aumento del precio del pienso implicará una bajada en los beneficios siempre que el precio del pienso permanezca por debajo de un umbral máximo. Por encima de este umbral convendrá disminuir el número de inseminadas o, incluso mejor, el número de hembras. Este precio umbral dependerá de las características de cada granja, por lo que es necesario que el cunicultor conozca los datos de gestión de su explotación para tener una visión real de en qué situación se encuentra.

Todas estas conclusiones nos llevan a pensar que un aumento del número de hembras en la explotación aumentarían los beneficios relativos obtenidos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que aumentar el número de hembras implicaría el gasto extra de ampliación de la explotación.

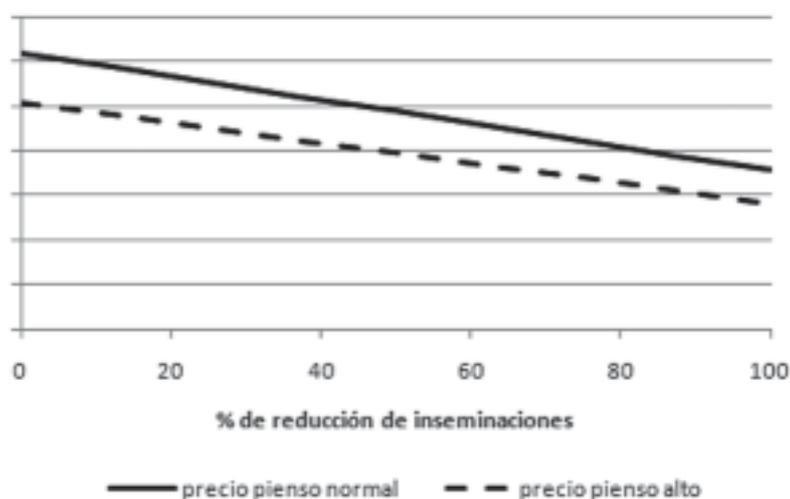


FIGURA 1. Evolución de la ventaja económica al disminuir el porcentaje de hembras inseminadas para dos precios diferentes de pienso en una explotación con beneficio positivo.

¿Es preferible tener machos o comprar el semen?

La monta natural implica el coste de la compra y alimentación de los machos. El uso de la inseminación artificial de centros de inseminación lleva asociado los costes de la inseminación, pero permite tener hembras reproductivas en la zona de la explotación en la que se encontrarían los machos en caso de monta natural. Esto implica un mayor coste en alimentación de hembras y de animales de engorde, pero también un aumento de ingresos por mayor producción de gazapos. La ventaja económica obtenida por utilizar inseminación artificial dependerá del tipo de manejo en la granja, tal como puede observarse en la Figura 2. A medida que disminuye el número de bandas aumenta la cantidad de machos que debemos tener por hembra en la explotación, ya que las montas se concentran en menos días y no suele ser aconsejable que el macho haga más de 2 montas por día.

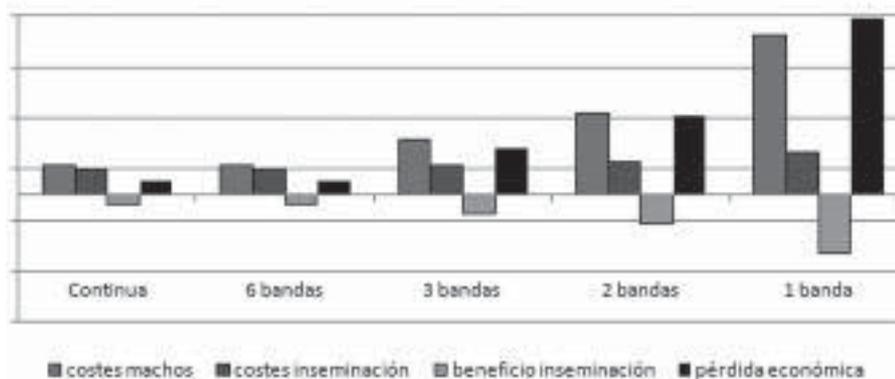


FIGURA 2. Evolución de los costes e ingresos con monta natural o inseminación con semen de centros de inseminación y evolución de la pérdida económica con monta natural en función del número de bandas.

¿Es preferible eliminar nacidos vivos en lugar de dejarlos todos?

El tamaño de camada es una de las variables más relevantes desde el punto de vista económico dentro de la producción cunícola de carne (Armero y Blasco, 1992). Obtener tamaños de camada elevados contribuye a obtener un mayor número de conejos producidos.

Una de las prácticas habituales dentro de las explotaciones a la hora de poner los nidos y revisar las camadas es la de igualar las camadas a un número concreto de gazapos y realizar las adopciones necesarias. Muchos cunicultores consideran que sus hembras son capaces de sacar adelante un determinado número de gazapos y por tanto eliminan los gazapos que sobran para conseguir destetar el mayor número de gazapos viables. Esta práctica no es generalizada, pero sí hemos comprobado que se realiza con cierta frecuencia. Es necesario recalcar que las hembras han sido seleccionadas por tamaño de camada al destete, por lo que se tiene en cuenta tanto la prolificidad de las hembras como los caracteres maternos y la producción de leche de la madre. Así pues, las hembras seleccionadas son capaces de sacar adelante la camada.

¿Cómo influye la fertilidad en función del número de bandas de la explotación?

La disminución de la fertilidad en nuestra explotación reduce el coste de alimentación de los gazapos de engorde y el coste de alimentación de las hembras, ya que parte de las hembras tendrán sólo costes energéticos de mantenimiento y no de lactación. Sin embargo, la bajada en ingresos por venta de gazapos de engorde es mayor, por lo que una disminución de la fertilidad lleva a una disminución del beneficio.

La bajada del beneficio dependerá del número de bandas de la explotación, tal como podemos ver en la Figura 3, debido a los diferentes tiempos de espera de las hembras para volver a ser inseminadas. Por ejemplo, en una explotación con inseminación artificial a los 11 días postparto, si el manejo es de banda única las hembras que no han quedado gestantes tendrán que esperar 42 días hasta la próxima cubrición. En explotaciones a 2 y 6 bandas (inseminación semanal) el tiempo de espera será de 21 días. Si la explotación va a 3 bandas, el tiempo será de 28

días. Estos diferentes tiempos de espera provocan por tanto cambios en el intervalo entre partos real, de forma que con inseminaciones a 11 días postparto la disminución del beneficio debida a una caída en la fertilidad será más acentuada en explotaciones de banda única que en explotaciones de 2 o 6 bandas.

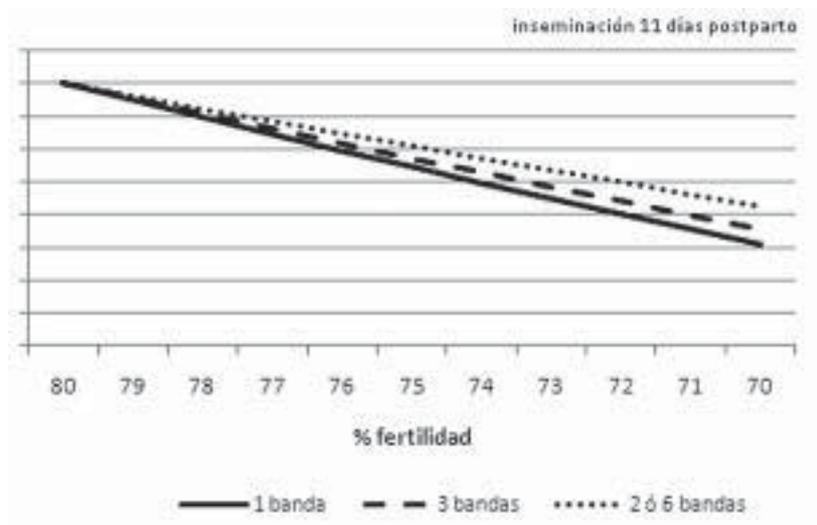


FIGURA 3. Evolución del beneficio en función de la fertilidad y del número de bandas en la explotación en explotaciones de cubrición/inseminación a 11 días postparto.

¿Cómo afecta el momento en que se produce la mortalidad de los gazapos sobre la rentabilidad de la explotación?

Ante una mortalidad dada en la granja (mortalidad en lactación más mortalidad en engorde), la reducción de los beneficios será mayor cuanto más tarde mueran los gazapos, tal como puede observarse en la Figura 4. Esto es debido al coste que supone la alimentación de las hembras y de los gazapos. Durante la lactación, el coste de alimentación de las hembras es mayor cuanto más tiempo estén amamantando los gazapos que no lleguen a matadero. Si la mortalidad se produce durante el engorde, se suma además la cantidad de pienso utilizado para engordar a estos gazapos, que será mayor cuanto más se retrase el momento del cese.

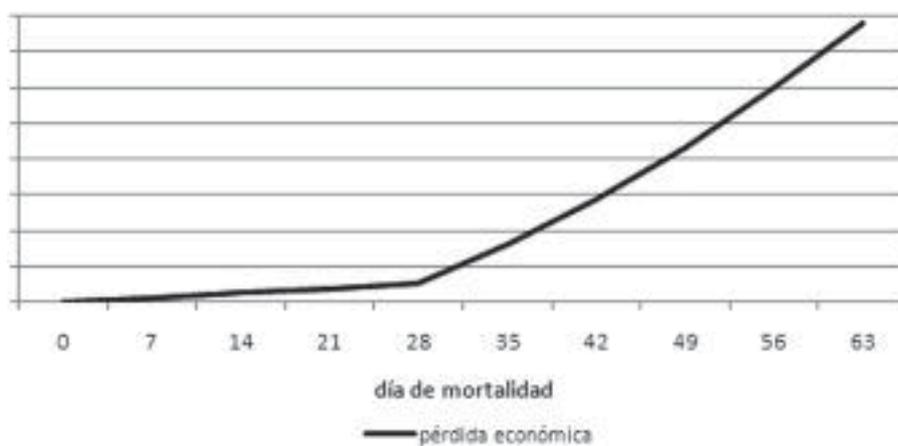


FIGURA 4. Evolución del coste extra de alimentación de las reproductoras y gazapos de engorde conforme se retrasa el momento de mortalidad de los gazapos.

¿Es mejor llevar a los conejos a mayor peso?

El peso al sacrificio en España está fijado por el mercado, siendo la media obtenida en 2010 según bdcuni de 2,119 kg (Serrano et al., 2011). El peso al sacrificio está fijado por el mercado, ya que los consumidores consideran que las canales de tamaño superior al habitual provienen de animales adultos de desecho. Sin embargo desde el punto de vista productivo y de calidad de la carne sería conveniente aumentar el peso al sacrificio. En un principio, este peso se podría aumentar si se incrementan la cantidad de conejos destinados a venta en troceado, donde se aceptan canales de mayor tamaño.

Aumentar el peso al sacrificio incrementa los ingresos del cunicultor, debido al aumento de kg vendidos a matadero. Sin embargo, el coste de alimentación de los gazapos aumenta por ser mayor el número de días en engorde, y el rendimiento obtenido del pienso utilizado es menor conforme aumentan los días, ya que el índice de conversión empeora con la edad del animal, al aumentar el consumo de pienso y reducirse la velocidad de crecimiento (Figura 5). Por otro lado, si el tiempo necesario para el engorde a mayor peso supera el tiempo inicialmente destinado al vacío sanitario, es necesario aumentar la duración del ciclo, aumentando el número de días entre parto e inseminación, lo que conllevaría una disminución de los beneficios (Figura 6).

Desde el punto de vista del matadero, las ventajas de aumentar el peso al sacrificio se basan en que el rendimiento de la canal aumenta conforme aumenta la madurez del animal, ya que tracto digestivo es de crecimiento temprano (Pascual et al., 2008b). Desde el punto de vista del consumidor, la ventaja reside en un aumento del ratio carne:hueso, ya que el músculo es de crecimiento más temprano que el hueso (Cantier et al., 1969).

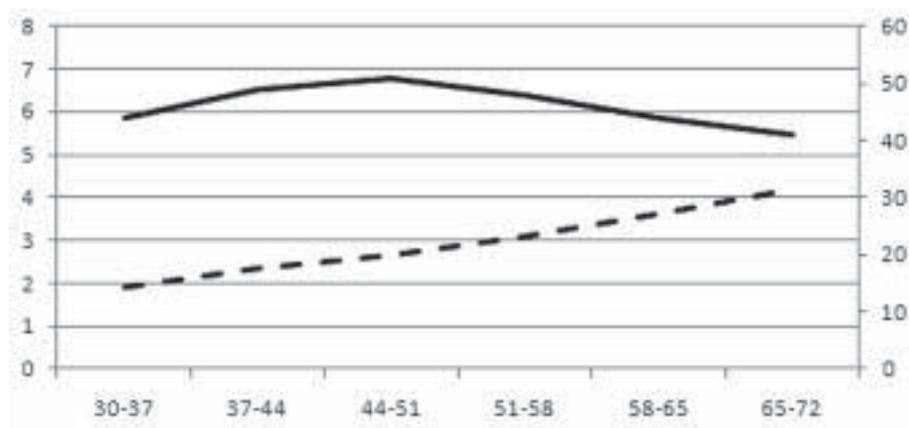


FIGURA 5. Evolución del índice de conversión y ganancia media diaria con la edad. Fuente: adaptado de Maertens et al., 2009.

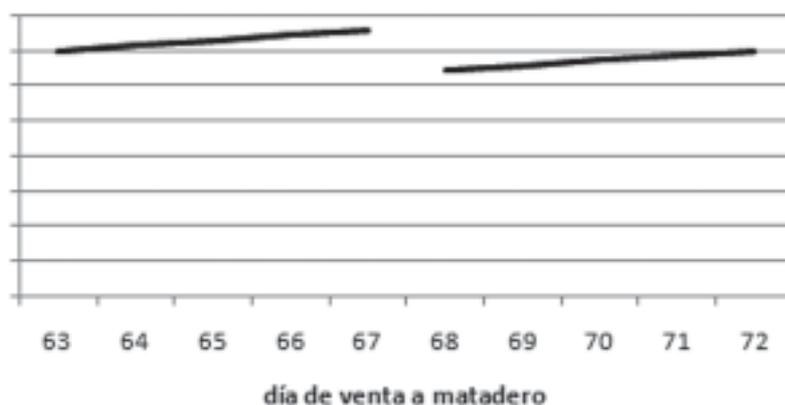


FIGURA 6. Ejemplo de evolución de la ventaja económica en función de la edad de venta de los animales, donde el salto representa un cambio de ciclo de 42 a 49 días por aumentar la edad de venta al matadero.

Bibliografía

- Armero Q., Blasco A. 1992. *Economic weights for rabbit selection indices*. *J. Appl. Rabb. Res.*, 15:637-642.
- Cantier J., Vezinhet A., Rouvier R., Dauzier L. 1969. *Allometrie de croissance chez le lapin. I. Principaux organes et tissus*. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, 9:5-39.
- Maertens L. 2009. *Possibilities to reduce the feed conversion in rabbit production*. En: *Giornate di Coniglicoltura ASIC 2009*. Forli, Italia, pp. 1-10.
- Pascual M., Gómez E., Serrano P., INTERCUN. 2008a. *Costes de producción en la cunicultura española en el 2008, "al límite de la resistencia económica"*. En: *XXXIII Symposium de Cunicultura de la Asociación Española de Cunicultura*. Calahorra, España, pp. 56-59.
- Pascual M., Pla M., Blasco A. 2008b. *Effect of selection for growth rate on relative growth in rabbits*. *J. Anim. Sci.*, 86 (12):3409-3417.
- Serrano P., Pascual M., Gómez E.A. 2011. *Informe de resultados de gestión técnica con bdcuni 2010*. XXXVI Symposium de Cunicultura de la Asociación Española de Cunicultura. Peñíscola, España.

NUTRICIÓN

- **Relación entre temperatura ambiental, línea genética y digestibilidad en conejas lactantes**

Sáez M.J., Savietto D., Ródenas L., Martínez E., López M.C., García-Diego F.J., Fernández C., Pascual J.J., Blas E., Cervera C.

- **Aumento del nivel de fibra soluble y almidón en dietas para conejos en crecimiento: efectos sobre la eficacia alimenticia y los rendimientos productivos**

Trocino A., Fragkiadakis M., Majolini D., Tazzoli M., Carabaño R., Xiccato G.

- **Efecto de una restricción alimenticia después del destete sobre la mortalidad y los rendimientos productivos de conejos en cebo**

Cachaldora P., Losada B., Méndez J., Prieto C., Gullón J., de Blas C., García-Rebollar P.

- **El manejo alimentario de los conejos en destete. Efecto sobre los rendimientos de crecimiento de los gazapos y reproductivos de las madres**

Pinheiro V., Outor-Monteiro D., Fontes P., Steczová L., Mourão J.L.

- **Utilización de la torta de palmiste en piensos de cebo de conejos**

Losada B., Cachaldora P., Méndez J., De Blas J.C.

- **Digestibilidad "in vitro" de la materia seca y fibra detergente neutra de las harinas integrales de *Lablab purpureus* (dólicho) y *Stizolobium niveum* (mucuna)**

Caro Ríos Y., Dihigo L.E., Hernández Y., Domínguez M.



Relación entre temperatura ambiental, línea genética y digestibilidad en conejas lactantes

Diet digestibility in lactating does related to environmental temperature and genetic line

Sáez M.J.¹, Saviotto D.¹, Ródenas L.¹, Martínez E.¹, López M.C.¹, García-Diego F.J.², Fernández C.¹, Pascual J.J.¹, Blas E.¹, Cervera C.^{1*}

¹Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

²Dpto de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

*Dirección de contacto: cservera@dca.upv.es

Resumen

Se ha estudiado cómo afectan el número de parto, la línea genética del animal, y la temperatura ambiental a la digestibilidad en conejas en lactación. Se emplearon 63 conejas en primero y segundo parto, pertenecientes a dos líneas genéticas, 20 procedían de una línea constituida por criterios de longevidad y productividad (LP) y 43 de una línea seleccionada por tamaño de camada al destete (V), de la que 21 correspondían a la generación 16^a de selección y 22 a la generación 36^a de selección; la mitad de ellas se alojaron en una cámara climática con temperatura ambiental entre 25 y 36°C y la otra mitad se alojaron en una nave convencional entre 14 y 20°C. Se realizaron ensayos de digestibilidad *in vivo* entre los días 14 y 18 de lactación con un pienso para lactación que contenía 18,7 MJ energía bruta, 175 g proteína bruta y 168 g fibra ácido detergente por kg materia seca. Los coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos en la cámara climática fueron superiores a los de la nave, tanto para la energía (67% frente a 62%) como para la proteína bruta (76% frente a 68%) debido a un descenso de la ingestión en la cámara de un 30%. El número de parto y el tipo genético no afectó a ningún coeficiente de digestibilidad, pero el aumento de la digestibilidad de la proteína bruta en la cámara caliente frente a los valores registrados en la nave, fue mayor en las conejas de la línea LP y las de la V de la generación 36^a (10 y 8 puntos porcentuales, respectivamente) frente a las conejas V de la generación 16 (solo 4 puntos).

Palabras clave: Digestibilidad, temperatura, tipo genético, coneja lactante.

Abstract

A digestibility trial with a diet containing 18.7 MJ gross energy, 175 g crude protein and 168 g acid detergent fiber per kg dry matter was carried out from 14 to 18 d post-partum using 63 rabbit does at first or second lactation, from two genetic lines (20 females from the LP line: constituted by longevous-productive criteria, and 63 females of the V line selected for litter size at weaning during 16 (n=21) and 36 (n=22) generations). Half does were allocated in a conventional housing with temperature fluctuating between 14 and 20°C and other half in a climatic chamber, with daily temperature following a sine curve from 25 to 36°C (heat stress). Environmental temperature affected the feed intake, 30% lower for animals in climatic chamber, and, consequently, the apparent digestibility coefficients were higher for the does submitted to heat stress (67 vs. 62% for crude energy and 76 vs. 68% for crude protein, in climatic chamber and conventional housing, respectively). There were not differences between first and second lactation and genetic line seems not affect digestibility coefficients, but does from LP line and V line at 36th generation increased more the apparent digestibility coefficient of crude protein than those from V line at 16th generation when allocated into climatic chamber (10 and 8 vs. 4 points of percentage, respectively).

Key words: Digestibility, temperature, genetic type, lactating does

Introducción

El aprovechamiento digestivo de los alimentos es fundamental para satisfacer las necesidades nutritivas del animal y, por tanto, determina en buena parte su producción. La digestibilidad del alimento varía según distintos factores, tanto ligados al alimento, como con el animal o con factores ambientales, aunque los efectos reales de algunos de ellos, tales como el tipo genético y la temperatura ambiental, son menos conocidos.

La selección aumenta la productividad del animal, para lo que parece necesario que también mejore la capacidad de obtener y/o gestionar los recursos, aunque la información disponible hasta ahora es bastante escasa. Se ha planteado la hipótesis de que la selección por tamaño de camada al destete en conejas reproductoras (línea V) podría haber llevado a la definición de animales no sólo más prolíficos, sino también más eficaces en la utilización de los recursos disponibles como una posibilidad para cubrir sus mayores necesidades de nutrientes. En líneas constituidas por criterios de longevidad y productividad (línea LP) las necesidades nutritivas de la coneja no habrían aumentado tanto como en la línea V, pero la selección realizada sí parece haber modificado el tamaño corporal y la estrategia con que la coneja gestiona las reservas. Sin embargo, los escasos trabajos de los que se dispone muestran que las diferencias digestivas entre líneas genéticas son de pequeña magnitud, pero los coeficientes de digestibilidad aparente son ligeramente superiores en las conejas del tipo V (Pascual et al., 2006), en cambio en varios estudios se han observado mejoras de la eficacia de la utilización de energía digestible para el crecimiento fetal y para la producción de leche al inicio de la lactación al comparar hembras cruzadas de generaciones recientes y antiguas de líneas seleccionadas por tamaño de camada al destete.

Pocos trabajos han relacionado la temperatura ambiental con la digestibilidad, pero se sabe que a temperaturas superiores a la zona de termoneutralidad (entre 15-25°C) el animal ingiere menos alimento para reducir de esta forma la producción de calor que no puede disipar con facilidad, y una menor ingestión suele correlacionarse con un aumento de la digestibilidad. Aparte de este efecto indirecto, hay poca información relativa a otros posibles efectos de la temperatura sobre los coeficientes de digestibilidad aparente y los resultados disponibles son, con frecuencia, contradictorios (Cervera y Fernández-Carmona, 2010).

Así pues, la capacidad que el animal tenga para la obtención de recursos nutritivos es siempre importante para su productividad, pero se convierte en crucial cuando las condiciones no son las óptimas; siendo posible que los animales más longevos lo sean por ser más eficaces en este aspecto. En este trabajo se investiga cómo afectan a la utilización digestiva del alimento el tipo genético del animal y la temperatura ambiental, determinando la digestibilidad *in vivo* de conejas lactantes en primero y segundo parto.

Material y métodos

Se emplearon 63 conejas lactantes en primero y segundo parto de dos líneas genéticas, 20 eran conejas LP y las otras 43 eran conejas V de dos generaciones distintas, 22 de la generación 36ª de selección (V36), y otras 21 procedentes de la generación 16ª de selección (V16). La mitad de las conejas se alojaron en una nave de maternidad y la otra mitad en una cámara climática, cuya principal diferencia es la temperatura ambiental.

En la nave de maternidad, las temperaturas mínimas registradas variaron entre 9 y 19°C, con un valor medio de 14°C \pm 2,8, y las temperaturas máximas variaron entre 10 y 23°C, con un valor medio de 20°C \pm 4,3. La cámara climática disponía de un sistema de calefacción/refrigeración que permitió programar la temperatura ambiental siguiendo una curva senoidal de temperatura diaria, con una mínima de 25°C en la madrugada y una máxima de 36°C por la tarde, manteniéndose por encima de los 28°C durante tres cuartas partes del día, tal como se muestra en la Figura 1.

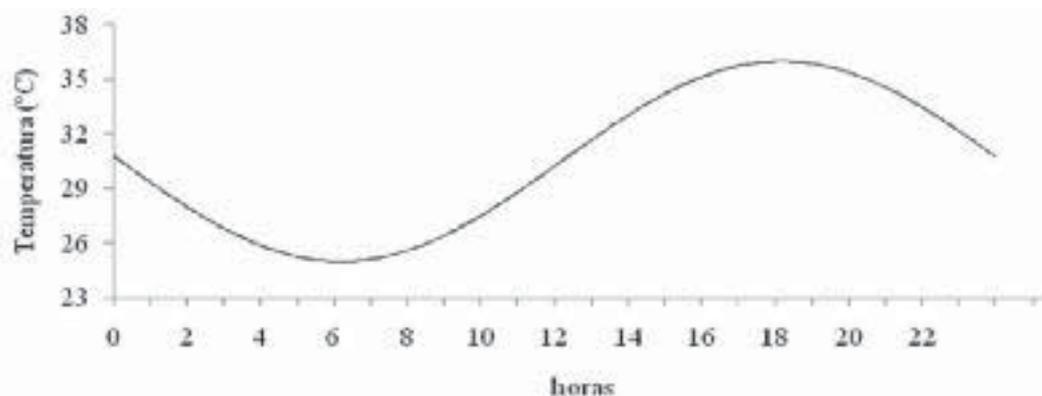


FIGURA 1. Evolución de la temperatura ambiental (°C) desde las 0 hasta las 24 horas en la cámara climática.

Todas las hembras recibieron un pienso de conejas lactantes ad libitum, cuyas características nutritivas eran: 18,7 MJ energía bruta (EB), 175 g proteína bruta (PB) y 168 g fibra ácido detergente (ADF) por kg de materia seca (MS). El periodo de toma de datos y recogida de heces se realizó desde el día 14 hasta el día 18 post-parto.

Se determinaron los contenidos en MS, cenizas, PB, fibra neutro detergente (NDF), ADF y EB del pienso y de las heces, siguiendo las recomendaciones dadas por el Grupo Europeo de Nutrición del Conejo (EGRAN, 2001) y se calcularon los correspondientes coeficientes de digestibilidad aparente.

Los análisis estadísticos de los datos de consumo de pienso y de los coeficientes de digestibilidad aparente se realizaron mediante análisis de la varianza multifactorial, utilizando el paquete Statgraphics 5.1[®]. Se consideraron como factores independientes el parto, el tipo genético y el alojamiento con sus correspondientes interacciones.

Resultados y discusión

Los valores de ingestión y coeficientes de digestibilidad obtenidos en nave y cámara con los tres tipos genéticos se muestran en la Tabla 1. La ingestión disminuyó significativamente ($P<0,001$) en condiciones de estrés térmico para todos los tipos genéticos, con valores de 202 g MS/día en cámara frente a 313 g MS/día en la nave.

Varios autores han registrado descensos de la ingestión en condiciones de estrés térmico acompañadas de caída de la producción. Así, Fernández-Carmona et al. (1995) concluyen que una temperatura constante de 30°C tiene un efecto negativo considerable sobre la ingestión de alimento y, asociado a ello, menor tamaño y peso de las camadas al parto y menor viabilidad y crecimiento de los gazapos que en confort térmico. Igualmente, Poujardieu y Matheron (1984) encontraron menores crecimientos y pesos de las futuras reproductoras criadas en ambiente de estrés térmico con temperatura de 31°C con relación a sus hermanas criadas a 23°C, así como un descenso de la prolificidad y un aumento de la mortalidad embrionaria con temperatura de 30-33°C.

Relacionada con la menor ingestión, la digestibilidad aparente fue significativamente mayor en cámara climática ($P<0,001$), excepto para el NDF, aunque hay que señalar que en las conejas LP, el incremento de digestibilidad del NDF en la cámara climática fue de tres puntos porcentuales. A pesar de todo, esta mejora de la digestibilidad de 4 a 7 puntos porcentuales no fue suficiente para compensar una caída de la ingestión del 30%, por lo que el aporte de nutrientes diarios fue menor (-1,15 MJ ED y -11 g PD) y, consecuentemente también la producción de leche (250 en nave frente a 200 g leche/día en cámara). Frangiadaki et al. (2003) también encontraron en periodos de estrés térmico menor tamaño de camada, mayor número de nacidos muertos y menor producción de leche en la coneja, lo que puede afectar a la supervivencia y al crecimiento de los gazapos lactantes.

El tipo genético de la coneja no afectó a la ingestión ni a los coeficientes de digestibilidad. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos en un trabajo anterior (Pascual et al., 2006), en el que se obtuvieron unos coeficientes de digestibilidad aparente de MS y de EB mayores en la línea V frente a la LP, y que parecen haber sido ocasionados por la mayor ingestión registrada en las conejas LP en aquel caso. En el presente trabajo la ingestión fue igual en los tres

TABLA 1. *Ingestión (g materia seca/día) y coeficientes de digestibilidad (%) de conejas lactantes procedentes de tres tipos genéticos y alojadas en una nave convencional o en una cámara climática.*

	Nave			Cámara			SE	Aloja	Significación	
	V16	V36	LP	V16	V36	LP			Línea	Parto
Ingestión	311	312	315	192	216	198	10,7	***	n.s.	n.s.
CDMS	62,8	61,9	61,9	65,7	66,4	67,6	0,69	***	n.s.	n.s.
CDMO	63,9	63,1	63,0	66,5	67,1	68,2	0,66	***	n.s.	n.s.
CDEB	63,3	62,1	62,3	66,1	66,4	67,6	0,75	***	n.s.	n.s.
CDPB	70,9	67,0	67,5	74,8	75,4	77,2	1,17	***	n.s.	n.s.
CDNDF	27,9	27,4	28,4	28,0	27,4	31,0	1,15	n.s.	n.s.	n.s.
CDADF	13,1	13,7	13,4	19,0	16,9	20,8	1,35	***	n.s.	n.s.

CD: coeficiente de digestibilidad, MS: materia seca, MO: materia orgánica, EB: energía bruta, PB: proteína bruta, NDF: fibra neutro detergente, ADF: fibra ácido detergente, V16: Línea hiperprolífica de la generación 16, V36: Línea hiperprolífica de la generación 36, LP: línea longevo-productiva. n.s.: no significativo.; ***: $p<0,001$

tipos y los coeficientes de digestibilidad no variaron, pero en la digestibilidad de la proteína se detectó una interacción significativa ($P < 0,05$) entre la línea genética y el alojamiento, ya que las líneas V36 y LP aumentan más la digestibilidad de la proteína en cámara (8 y 10 puntos para V36 y LP, respectivamente) que la V16 (aumenta tan solo 4 puntos). Este resultado puede indicar que tanto la selección genética por tamaño de camada al destete como por longevidad productiva podrían estar mejorando también la utilización digestiva de la proteína en condiciones desfavorables, tal como indican Van Noordwijk y Jong (1986), al postular que la selección de los animales por criterios reproductivos haya producido una respuesta correlacionada en la capacidad de los animales para obtener recursos.

No se registraron diferencias significativas entre el primero y segundo parto, pero se observó un efecto significativo ($P < 0,05$) sobre la ingestión en la interacción número de parto y alojamiento. Tal y como se ve en la Figura 2, la ingestión en el primero y el segundo parto en la cámara es prácticamente la misma (200 g MS/día), pero en la nave las conejas comieron 26 g MS/día más en el segundo parto que en el primero.

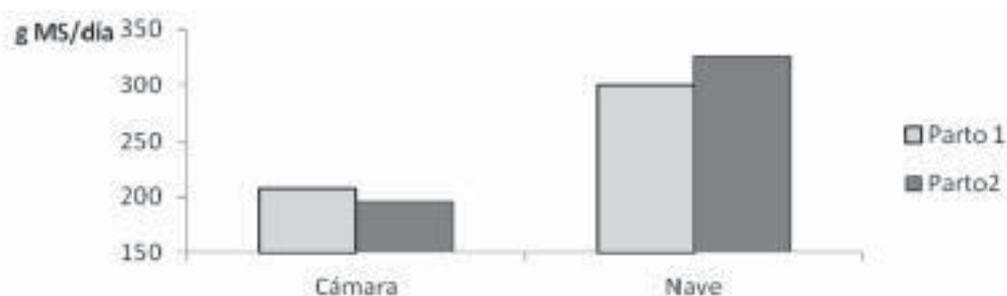


FIGURA 2. Interacción entre el alojamiento (cámara caliente y nave) y el parto (primero y segundo) para la ingestión (g materia seca/día).

Todos los autores señalan que la coneja de primer parto no ha completado su crecimiento y su capacidad de ingestión está limitada por este hecho, mientras que en el segundo parto, la coneja pesa más y tiene más capacidad de ingestión. Tanto en nave como en cámara el peso vivo de las conejas había aumentado en el segundo parto (un 8% y un 6%, respectivamente) y, sin embargo en la cámara no aumentó la ingestión en el segundo parto, probablemente debido a que la limitación que impone el estrés térmico es más importante (Fernández-Carmona et al., 1995).

Las conejas alojadas bajo estrés térmico registraron una mayor digestibilidad de los nutrientes debido a una importante reducción de la ingestión, que afectó por igual al primero y al segundo parto, mientras que en ausencia de estrés térmico la coneja comió más en el segundo parto, aunque no varió la digestibilidad. La selección por criterios de tamaño de camada al destete o la utilización de líneas constituidas por criterios de longevidad productiva no parece afectar a los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes, aunque en condiciones de estrés térmico se ha encontrado cierta mejora de la digestibilidad de la proteína bruta.

Bibliografía

- Cervera C., Fernández-Carmona J. 2010. Nutrition and the climatic environment. In: de Blas, C., Wiseman, J. (Ed). *Nutrition of the Rabbit*. (2nd Ed). CABI Publishing. Wallingford. UK. Pp. 267-284.
- EGRAN. 2001. Technical note: Attempts to harmonize chemical analyses of feed and faeces for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9:57-64.
- Fernández-Carmona J., Cervera C., Sabater C., Blas E. 1995. Effect of diet composition on the production of rabbit breeding does housed in a traditional building and at 30°C. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 52:289-297.
- Frangiadaki E., Golidi E., Menegatos I., Luzi F. 2003. Comparison of does' performances under high and moderate temperature in a greek commercial farm. *World Rabbit Sci.*, 11:137-143.
- Pascual J.J., Ródenas L., Martínez E., Cervera C., Blas E., Baselga M. 2006. Genetic selection of maternal lines and digestive efficiency in rabbits: long term selection for litter size at weaning versus hyper selection for reproductive longevity. *World Rabbit Sci.*, 16:165-171.
- Poujardieu B., Matheron G. 1984. Influence d'une ambiance chaude et humide sur la croissance de futures reproductrices. In: *Proceedings III World Rabbit Congress*. Rome. Vol. 1, pp. 107-118.
- Van Noordwijk A.J., De Jong G. 1986. Acquisition and allocation of resources: Their influence on variation in life history tactics. *American Naturalist*, 128:137-142.

Aumento del nivel de fibra soluble y almidón en dietas para conejos en crecimiento: efectos sobre la eficacia alimenticia y los rendimientos productivos

Increasing soluble fibre and starch in diets for growing rabbits: effects on digestive efficiency and growth performance

Trocino A.¹, Fragkiadakis M.², Majolini D.², Tazzoli M.², Carabaño R.³, Xiccato G.²

¹ Dept. Public Health, Comparative Pathology and Veterinary Hygiene, University of Padova, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD), Italia

² Dept. Animal Science, University of Padova, viale dell'Università 16, 35020 Legnaro (PD), Italia

³ Dept. Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, España

Dirección de contacto: angela.trocino@unipd.it

Resumen

En este trabajo se estudió, mediante un diseño factorial, el efecto del nivel de fibra soluble (10,0% y 13,8%) y almidón (6,0%, 10,3% y 14,7%) sobre la digestibilidad y los rendimientos productivos de gazapos en cebo (desde 34 a 75 d de edad). Doscientos cuarenta y seis gazapos híbridos se asignaron a los 6 grupos experimentales y fueron alimentados *ad libitum* con cada una de las 6 dietas. El aumento del nivel de almidón mejoró linealmente ($P<0,001$) la digestibilidad de la MS (de 54,7 a 62,9% de media) y del resto de los nutrientes, la velocidad de crecimiento y el índice de conversión (6,4% y 11,1%, respectivamente). Se observó una interacción ($P=0,05$) para la digestibilidad de la FND ya que el incremento fue mayor en las dietas altas en fibra soluble. El aumento de fibra soluble mejoró ($P<0,001$) la digestibilidad de la MS (de 54,0 a 63,9%) y el crecimiento (5,3%; $P=0,05$) y redujo la ingestión y el índice de conversión (12,4% y 15,0%, respectivamente; $P<0,001$). En conclusión, el uso conjunto de fibra soluble y almidón, más que su reemplazo, es aconsejable para mejorar el valor energético y la eficacia global de utilización de la dieta.

Palabras clave: Almidón, fibra soluble, digestibilidad, rendimientos en crecimiento.

Abstract

From 34 d of age until slaughtering (75 d), 246 hybrid rabbits were divided into six experimental groups and fed six diets *ad libitum*, according to a bi-factorial arrangement with three levels of starch (6.0%, 10.3%, and 14.7%) and two levels of soluble fibre (10.0% and 13.8%). When dietary starch was increased, the apparent digestibility of DM (54.7 to 62.9%) and all nutrients linearly increased ($P<0.001$). Weight gain and feed conversion linearly ($P<0.001$) improved (6.4% and 11.1%, respectively), and feed intake decreased (5.6%). A significant interaction ($P=0.05$) was observed for NDF digestibility: as the starch level increased, NDF digestibility improved less in the diets with 10.0% soluble fibre than in the diets with 13.8% soluble fibre. The increase of dietary soluble fibre improved ($P<0.001$) DM digestibility (54.0 to 63.9%) and daily growth (by 5.3%; $P=0.05$) and reduced feed intake and feed conversion (by 12.4% and 15.0%, respectively; $P<0.001$). In conclusion, the use of soluble fibre is recommended in association with, rather than in replacement of, starch to increase the energy value of diets and improve overall farm-feed efficiency.

Key words: Starch, soluble fibre, digestibility, growth performance.

Introducción

La llegada de altas cantidades de almidón sin digerir al ciego ha sido considerada desde hace tiempo (Cheeke y Patton, 1980) como la mayor causa de la aparición de problemas digestivos. Por ello, algunos autores han recomendado incluir unos niveles bajos de almidón en las dietas posdestete (8-10%) (Gidenne y Fortun-Lamothe, 2002). Sin embargo, estudios recientes han observado mejores rendimientos, menor mortalidad y/o mejores condiciones intestinales con dietas con mayores contenidos en almidón, y por lo tanto menores contenidos en FND (Gutiérrez et al., 2002). Además el almidón y la fibra soluble, considerados tradicionalmente los carbohidratos más fácilmente digestibles, pueden contribuir a incrementar el valor energético de las dietas y mejorar el índice de conversión en conejos (Carabaño et al., 1997; Perez et al., 2000; Gidenne et al., 2004), y reducir la mortalidad (Soler et al., 2004; Xiccato et al., 2008). El objetivo de este trabajo es estudiar si un incremento conjunto de almidón (6,0%, 10,3% y 14,7%) y fibra soluble (de 10,0% a 13,8%) afecta a la eficacia alimenticia y a los rendimientos durante la etapa de cebo.

Material y métodos

Se utilizaron un total de 246 gazapos híbridos (34 d de edad al destete) de ambos sexos que fueron alojados individualmente y asignados a los 6 grupos experimentales. Se formularon 4 dietas (LS-LA, LS-HA, HS-LA, HS-HA) combinando dos niveles de fibra soluble, bajo (LS, 10,0%) y alto (HS, 13,8%), y dos niveles de almidón, bajo (LA, 6,0%) y alto (HA, 14,7%) (Tabla 1), mediante la sustitución de alfalfa por cebada o pulpa de remolacha, respectivamente. Se utilizó la técnica de dilución para obtener otras dos dietas con niveles intermedios de almidón (10,3%): dieta LS-MA (50% LS-LA + 50% LS-HA) y dieta HS-MA (50% HS-LA + 50% HS-HA).

TABLA 1. Composición en ingredientes y química [% sobre fresco] de las dietas experimentales.

Fibra soluble (S)	10,0%			13,8%		
	6,0%	10,3%	14,7%	6,0%	10,3%	14,7%
Almidón (A)	LS-LA	LS-MA	LS-HA	HS-LA	HS-MA	HS-HA
Alfalfa 17% PB	72,1		35,0	35,0		-
Salvado	13,0		18,8	17,0		-
Cebada	-		20,0	-		30,0
Pulpa de Remolacha	5,0		6,0	33,0		34,0
Harina de Soja 44% PB	-		-	10,3		5,0
Harina de Girasol 29% PB	4,0		15,4	-		26,4
Aceite de Soja	2,0		1,0	1,0		-
Otros	3,9		3,8	3,7		4,6
Materia seca	91,6	91,4	90,9	91,1	91,1	90,4
Extracto etéreo	3,9	3,7	3,6	2,9	2,5	2,0
FND	40,0	38,3	36,0	36,8	35,5	31,8
FAD	25,3	23,6	20,7	20,8	19,7	17,4
Lignina	5,0	5,0	4,3	3,4	3,1	2,9
Fibra soluble	10,5	10,0	9,6	13,4	14,0	14,1
Almidón	6,1	10,5	15,1	5,8	10,1	14,2
ED MJ/kg	8,11	8,84	9,45	9,47	10,20	10,85
PD/ED g/MJ	13,8	12,8	12,3	11,9	11,5	10,8

La dieta LS-MA se obtuvo mezclando 50% dieta LS-LA y 50% dieta LS-HA. La dieta HS-MA se obtuvo mezclando 50% dieta HS-LA y 50% dieta HS-HA.

El peso individual de los animales y el consumo de pienso se controlaron 3 veces por semana. El estado sanitario de los animales se controló diariamente durante todo el experimento. No se suministró antibiótico ni en el pienso ni en el agua. La digestibilidad y el valor nutritivo se determinaron en 10 animales por tratamiento (Perez et al., 1995) y el análisis químico de las dietas y heces se realizó de acuerdo con los procedimientos descritos por Trocino et al. (2010). Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza factorial con el nivel de almidón, el nivel de fibra soluble y su interacción como efectos principales (GLM, SAS). Para estudiar el efecto del nivel de almidón se testaron efectos lineales y cuadráticos mediante la utilización de contrastes ortogonales polinomiales.

Resultados y discusión

Cuando la concentración de almidón de la dieta se incrementó, la digestibilidad de la MS (de 54,7% a 62,9%) y casi de todos los nutrientes mejoró linealmente ($P < 0,001$). El nivel de almidón no afectó la digestibilidad de la fibra soluble (Tabla 2). Estas mejoras están de acuerdo con lo observado por otros autores cuando se aumenta el almidón y se baja la FND en la dieta (Gidenne et al., 2000). Consecuentemente con estos resultados, la velocidad de crecimiento mejoró (6,4%) y se redujo la ingestión y el índice de conversión (5,6% y 11,1%, respectivamente) de manera lineal ($P < 0,001$) en paralelo al aumento de almidón (Tabla 3). Sólo 2 animales murieron y ningún animal mostró reducciones de ingestión, pérdidas de peso o diarrea.

TABLA 2. Efecto del nivel de almidón y de fibra soluble sobre la digestibilidad fecal (%).

	Almidón (A)			Fibra soluble (S)		Prob.			RSD	
	6,0%	10,3%	14,7%	10,0%	13,8%	A	S	A x S		
	L ^a		Q ^b							
Materia seca	54,7	59,2	62,9	54,0	63,9	<0,001	0,47	<0,001	0,35	1,7
Proteína bruta	71,5	73,0	73,8	72,7	72,9	<0,001	0,42	0,59	0,56	1,4
FND	28,0	33,1	35,4	23,4	40,9	<0,001	0,02	<0,001	0,05	3,1
FAD	19,8	23,8	24,6	16,2	29,2	<0,001	0,05	<0,001	0,08	3,4
Fibra soluble	82,7	80,3	81,8	77,4	85,7	0,56	0,13	<0,001	0,48	2,1
Almidón	96,0	97,6	98,3	97,0	97,6	<0,001	0,02	0,01	0,13	0,4

RSD, desviación residual estándar. ^aL, probabilidad del efecto lineal. ^bQ, probabilidad del efecto cuadrático.

El incremento de fibra soluble mejoró ($P < 0,001$) la digestibilidad de todos los nutrientes excepto la de la proteína que no mostró diferencias. Se observó una interacción para la digestibilidad de la FND ($P = 0,05$) ya que el incremento fue mayor en las dietas altas en fibra soluble (9-12%) respecto a las bajas (5-6%). El valor nutritivo de las dietas se incrementó tanto con el aumento de almidón como de fibra soluble (de 8,11 a 10,85 MJ/kg) y la relación PD/ED disminuyó de 13,8 a 10,8 g/MJ, de la dieta LS-LA a la dieta HS-HA. Las dietas LS-HA (fibra soluble 10%, almidón 14,7%) y HS-LA (fibra soluble 13,4%, almidón 6%) mostraron valores similares para la digestibilidad de la MS, ED y el nivel de energía digestible (ED: 9,45 y 9,47 MJ/kg). Cuando se incrementaron los niveles de fibra soluble (sustituyendo alfalfa por pulpa de remolacha) se incrementó la digestibilidad y el valor energético de las dietas (Trocino et al., 1999, 2010; Falcão-e-Cunha et al., 2004), debido al mayor aporte de carbohidratos digestibles/o fermentables y la mayor digestibilidad de todas las fracciones de la fibra (Carabaño et al., 1997). En este trabajo, la sustitución en la dieta de un 20% de cebada por un 27% de pulpa de

TABLA 3. Rendimientos productivos desde el destete (34 d) hasta el sacrificio (75 d).

	Almidón (A)			Fibra soluble (S)		Prob.			RSD	
	6,0%	10,3%	14,7%	10,0%	13,8%	A	S	A x S		
	L ^a		Q ^b							
Peso vivo, g										
34 d	880	884	883	884	880	0,51	0,62	0,94	0,40	28
55 d	1870	1957	2001	1919	1966	<0,001	0,21	<0,01	0,54	120
75 d	2613	2758	2780	2674	2760	<0,001	0,20	0,05	0,83	193
Velocidad de crecimiento, g/d	43,5	44,2	46,3	43,5	45,8	<0,001	0,21	0,05	0,90	4,5
Ingestión, g/d	153	151	144	159	139	<0,001	0,21	<0,001	0,63	13
I. de conversión	3,52	3,31	3,13	3,59	3,05	<0,001	0,63	<0,001	0,79	0,19

RSD, desviación residual estándar. ^aL, probabilidad del efecto lineal. ^bQ, probabilidad del efecto cuadrático.

remolacha (dietas LS-HA y HS-LA) no modificó ni la digestibilidad ni el valor energético de las dietas. García et al. (1993) también observaron que el valor energético de la pulpa de remolacha es un 25% inferior al de la cebada.

El incremento de fibra soluble en la dieta mejoró el crecimiento (5,3%; $P=0,05$) y redujo el consumo y el índice de conversión (12,4% y 15,0%, respectivamente; $P<0,001$). El peso de los animales tanto al final del periodo posdestete (55 d) como en el de cebo (77 d) mejoró ($P<0,05$) con el aumento de fibra soluble. Estos resultados son mejores que lo observado por otros autores. Con menores niveles de inclusión de pulpa de remolacha (15%) reemplazando a la alfalfa, Trocino et al. (1999) no observaron diferencias ni en velocidad de crecimiento ni en ingestión diaria, mientras que otros autores (Carabaño et al., 1997; Falcão-e-Cunha et al., 2004) observaron una depresión de la ingestión cuando el nivel de inclusión fue similar o mayor (>30%). Gidenne et al. (2004) también observó efectos negativos sobre la ingestión y el crecimiento con la inclusión de altos niveles de pulpa de remolacha (50%), aunque sólo en gazapos muy jóvenes (25-38 d).

En conclusión, el aumento de los niveles de almidón en la dieta de 6,0 a 14,7%, de la relación almidón/FAD de 0,26 a 0,73, así como de los niveles de fibra soluble de 10,0 a 13,8%, mejora la utilización de dieta y los rendimientos productivos. En los rangos estudiados, es recomendable la inclusión de fibra soluble junto con almidón, más que incluirla a costa de su sustitución.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por MIUR (PRIN 2005 – Prot. 2005070702). Los autores desean agradecer al Dr. Andrea Zuffellato (Veronesi Verona S.p.A.) su asistencia técnica durante este trabajo.

Bibliografía

- Carabaño R., Motta-Ferreira W., De Blas C., Fraga M.J. 1997. Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 65:249-256.
- Cheeke P.R., Patton N.M. 1980. Carbohydrate overload of the hindgut. A probable cause of enteritis. *J. Appl. Rabbit Res.*, 3:20-23.
- Falcão-e-Cunha L., Peres H., Freire J.P.B., Castro-Solla L. 2004. Effects of alfalfa, wheat bran or beet pulp, with or without sunflower oil, on caecal fermentation and on digestibility in the rabbit. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 117:131-149.
- García G., Galvez J.F., de Blas J.C. 1993. Effect of substitution of sugar beet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency. *J. Anim. Sci.*, 71:1823-1830.
- Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2002. Feeding strategy for young rabbits around weaning: a review of digestive capacity and nutritional needs. *Anim. Sci.*, 75:169-184.
- Gidenne T., Jehl N., Lapanouse A., Segura M. 2004. Inter-relationship of microbial activity, digestion and gut health in the rabbit: effect of substituting fibre by starch in diets having a high proportion of rapidly fermentable polysaccharides. *British J. Nutr.*, 92:95-104.
- Gidenne T., Pinheiro V., Falcão-e-Cunha L. 2000. A comprehensive approach of the rabbit digestion: consequences of a reduction of dietary fibre supply. *Livest. Prod. Sci.*, 64:225-237.
- Gutiérrez I., Espinosa A., García J., Carabaño R., de Blas J.C. 2002. Effect of levels of starch, fiber, and lactose on digestion and growth performance of early weaned rabbits. *J. Anim. Sci.*, 80, 1029-1037.
- Perez J.M., Gidenne T., Bouvarel I., Arveaux P., Bourdillon A., Briens C., La Naour J., Messenger B., Mirabito L. 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of growing rabbits. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Ann. Zootech.*, 49:369-377.
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández J., Falcão-e-Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3:41-43.
- Soler M.D., Blas E., Cano J.L., Pascual J.J., Cervera C., Fernández-Carmona J. 2004. Effect of digestible fibre/starch ratio and animal fat level in diets around weaning on mortality rate of rabbits. En: 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, pp. 996-1001.
- Trocino A., Fragkiadakis M., Radaelli G., Xiccato G. 2010. Effect of dietary soluble fibre level and protein source on growth, digestion, caecal activity and health of fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, 18:199-210.
- Trocino A., Xiccato G., Queaque P.I., Sartori A. 1999. Effect of feeding plans based on dried beet pulp on performance and meat quality of growing rabbits. En: Piva G., Bertoni G., Masoero F., Bani P., Calamari L. (Eds.), *Recent Progress in Animal Production Science. 1. Proc. ASPA XIII Congress, Piacenza, Italy. Franco Angeli, Milano, Italy*, pp. 713-715.
- Xiccato G., Trocino A., Carraro L., Fragkiadakis M., Majolini D. 2008. Digestible fibre to starch ratio and antibiotic treatment time in growing rabbits affected by epizootic rabbit enteropathy. En: 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, pp. 847-851.

Efecto de una restricción alimenticia después del destete sobre la mortalidad y los rendimientos productivos de conejos en cebo

Effect of a feed restriction after weaning on mortality and performance of fattening rabbits

Cachaldora P.¹, Losada B.¹, Méndez J.¹, Prieto C.², Gullón J.², de Blas C.³, García-Rebollar P.^{3*}

¹COREN SCG, 32003 Ourense, España

²COGAL SCG, 36530 Rodeiro (Pontevedra), España

³Departamento de Producción Animal, UPM, 28040 Madrid, España

*Dirección de contacto: paloma.grebollar@upm.es

Resumen

En este trabajo se ha estudiado el efecto de una restricción alimenticia moderada y gradual después del destete (alrededor de 35 d de edad) sobre los rendimientos productivos y la eficiencia alimenticia global del cebo. La restricción consistió en suministrar una cantidad limitada de alimento (80, 100 y 120 g/d) en las tres semanas siguientes al destete. Se han realizado seis ensayos, con 480 animales cada uno, utilizando seis piensos comerciales que diferían en el tipo de medicación. En estos ensayos se controlaron los parámetros de crecimiento, eficacia alimenticia global y mortalidad durante el periodo de restricción y en el conjunto del cebo (destete a 63-67 d de edad). El número de ooquistes y de *Clostridium perfringens* en heces duras fue también evaluado en cada tratamiento. En ninguno de los ensayos se detectaron problemas de elevada mortalidad causada por ERE. En estas condiciones, la mortalidad de los gazapos restringidos se redujo un 33% ($P=0,02$) en el periodo de restricción y tendió a disminuir en el conjunto del periodo de cebo. Los resultados obtenidos muestran además que una restricción alimenticia moderada mejora en un 4% ($P<0,001$) la eficiencia alimenticia global del cebo, sin afectar al peso total de animales enviados a matadero. Además, la adopción de medidas que disminuyan la proliferación de coccidios y *C. perfringens* en el contenido digestivo pueden resultar útiles para reducir la mortalidad de conejos durante el cebo.

Palabras clave: Restricción alimenticia, rendimientos en cebo, mortalidad, conejos.

Abstract

The aim of this work was to study the effect of a moderate and gradual feed intake restriction after weaning (around 35 d of age), on performance and global feed efficiency of growing rabbits. The intake restriction consisted in feeding a limited amount of feed (80, 100 and 120 g/d) on the three weeks after weaning. Six feeding trials were conducted using 480 weaned rabbits in each of them, and six commercial feeds with different type of medical supplementation. Feed intake, rate of growth, mortality and global feed efficiency were determined at the end of the restriction period and over the whole fattening period. The oocysts and *C. perfringens* counts in hard faeces were also analyzed by treatment. No problems of high mortality due to ERE were detected over the trials. In these conditions, mortality of restricted rabbits was 33% lower ($P=0.02$) in the period of restriction and tended to decrease for the whole fattening period. The results showed that a moderate restriction of feed intake after weaning improves 4% ($P<0.001$) global feed efficiency of the fattening period, and has not detrimental effects on the slaughtering weight of animals compared to ad libitum feeding. Moreover, adoption of measures to control the coccidia and *C. perfringens* proliferation in the digestive contents of growing rabbits might be useful to reduce mortality on the fattening period.

Key words: Feed restriction, fattening performance, mortality, rabbits.

Introducción

Una restricción de la cantidad de pienso suministrada a los gazapos durante las semanas siguientes al destete ha sido propuesta en diferentes trabajos (Gidenne et al., 2003, 2009; Tudela, 2008) como estrategia para reducir la mortalidad de los gazapos y aumentar la eficiencia alimenticia durante el cebo. Los niveles de restricción recomendados corresponden a niveles de alimentación inferiores al 80% del consumo *ad libitum* (entre un 60 y un 80%). En estas condiciones, la magnitud de las mejoras obtenidas están relacionadas linealmente con una disminución del peso final y de la velocidad de crecimiento (-0,13 g/d por cada unidad porcentual de restricción) de los gazapos en el conjunto del periodo de cebo. De acuerdo con estos resultados, la mayor longitud del cebo necesaria para alcanzar el peso final de sacrificio reduciría el interés económico de la mejora de la eficacia alimenticia, por lo que tendría sentido estudiar el efecto de niveles de restricción más moderados. Por otra parte, estos resultados fueron obtenidos en ensayos que utilizaron piensos sin antibióticos ni coccidiostatos (Gidenne et al., 2003, 2009). La utilización de piensos medicados en el periodo post-destete continúa siendo una práctica frecuente y, para estas condiciones son escasos los trabajos que han estudiado la efectividad de la restricción alimenticia. Además, resultados previos de COREN y trabajos recientemente publicados (Carrión et al., 2011) indican que una restricción temporal del consumo durante el cebo tiene un impacto negativo sobre la flora digestiva cecal de gazapos que incrementan bruscamente su consumo al pasar a recibir el pienso *ad libitum*, con un aumento significativo del conteo de *C. perfringens* en heces blandas. La aplicación de una restricción alimenticia durante tres semanas después del destete hace que el periodo de consumo *ad libitum* coincida con el suministro de los piensos de retirada (sin medicación), por lo que la mortalidad podría aumentar en este periodo final de cebo. El objetivo de este trabajo ha sido estudiar si la aplicación de una restricción moderada y gradual del consumo de piensos medicados en las primeras semanas después del destete podría resultar eficaz para reducir la mortalidad y mejorar la eficiencia alimenticia, sin afectar negativamente a los rendimientos productivos obtenidos en el periodo de cebo.

Material y métodos

Los animales fueron manejados de acuerdo con los principios para el cuidado de los animales publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2005). Se realizaron seis pruebas de cebo consecutivas en la granja experimental de COREN SCG situada en Maceda (Ourense), con un total de 2.880 animales. Se compararon 6 piensos comerciales de composición similar (2.440 kcal ED/kg; 15,4% PB y 16,3% FB) que diferían en el tipo de medicación empleada. En cada prueba se compararon dos piensos, de modo que cada comparación se repitió en dos ciclos de cebo consecutivos. En cada ciclo, la mitad de los animales recibió uno de los piensos y dentro de cada grupo la mitad de los animales fueron alimentados *ad libitum* o restringidos. La restricción alimenticia consistió en el suministro de 80, 100 y 120 g/d de pienso durante la primera, segunda y tercera semana de cebo, respectivamente. A partir de los 21 d después del destete, el pienso de retirada fue distribuido *ad libitum* a todos los animales hasta la edad de sacrificio. Todos los gazapos tuvieron acceso libre al agua de bebida en los ensayos.

En cada una de las pruebas se utilizaron 480 gazapos Hyplus alojados colectivamente en jaulas de 8 animales de 0,85 x 0,30 x 0,40 m (15 jaulas por tratamiento y ensayo). Las temperaturas mínimas ($18 \pm 2,4$ °C) y máximas ($23 \pm 3,3$ °C), y la humedad relativa ($72,2 \pm 1,6$) se mantuvieron controlados a lo largo de las pruebas. Las condiciones de higiene ambiental en cada prueba se evaluaron mediante el conteo de unidades formadoras de colonias de *C. perfringens* en una muestra de polvo tomada en el ventilador de la nave.

Los gazapos fueron destetados a los 32-35 días de edad con un peso medio de $0,87 \pm 0,09$ kg y recibieron los piensos experimentales hasta la edad de sacrificio (63 a 67 d, dependiendo de la prueba). El consumo de pienso y la ganancia de peso por jaula se controlaron al finalizar el periodo de restricción (54,5 d de edad como media) y al terminar el periodo de cebo, y la mortalidad se registró diariamente. En todas las pruebas se realizó un recuento semanal del número de ooquistes (mediante conteo en cámara de McMaster) en una muestra representativa de heces duras recogidas debajo de las jaulas asignadas a cada tratamiento. Además, en tres de las pruebas se realizó también el conteo en placa de unidades formadoras de colonias de *C. perfringens* en dichas muestras.

Todos los datos se analizaron como un modelo completamente al azar con la jaula como unidad experimental y la restricción alimenticia como efecto principal, y el peso de los gazapos al destete como covariable. Los resultados de todas las pruebas se estudiaron conjuntamente utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (1990), con el ensayo y el tipo de pienso como efectos aleatorios y la restricción como efecto fijo en el modelo.

Resultados y discusión

Los conteos de *C. perfringens* en el ambiente fueron bajos (media de 48 ufc/g), con un valor mínimo de 0 y el más alto de 177 ufc/g. El nivel medio de restricción para cada pienso se estimó a partir del consumo en las jaulas donde no se registraron bajas, y el valor medio alcanzado fue de 86,2±3,4% del consumo *ad libitum*. El nivel de restricción alimenticia fue siempre menor al recomendado en trabajos anteriores para obtener mejoras productivas en el periodo global de cebo (<80% del consumo *ad libitum*; Gidenne et al., 2003, Tudela, 2008). En ninguna de las pruebas se detectaron problemas de mortalidad elevada causada por ERE, y la mortalidad observada osciló entre un mínimo de 0,83 y un valor máximo de 15,8% dependiendo del tipo de pienso empleado.

En el periodo inicial (tres semanas después del destete), la mortalidad de los gazapos se redujo ($P<0,05$) en un 32,6% por efecto de la restricción alimenticia (Tabla 1). Tanto el consumo como la velocidad de crecimiento (35,0 vs 39,8 g/d) de los gazapos sometidos a la restricción disminuyeron ($P<0,001$) respecto a los alimentados *ad libitum*. Sin embargo, al estar contabilizada la mortalidad por tratamiento en el índice de conversión por jaula (índice de conversión económico o real), la eficiencia alimenticia no resultó afectada por el nivel de alimentación en este periodo. Cuando todos los gazapos pasaron a consumir el pienso *ad libitum* hasta finalizar el cebo, la mortalidad en este periodo no resultó afectada por el nivel de alimentación durante el periodo anterior. En este periodo, los conejos que habían estado sometidos a una restricción alimenticia mostraron un crecimiento compensatorio, de modo que la velocidad de crecimiento (31,9 vs 38,0 g/d) aumentó ($P<0,001$) proporcionalmente más de lo que aumentó el consumo, y el índice de conversión resultó significativamente ($P<0,001$) mejor. En el periodo global de cebo, el consumo total de pienso por jaula disminuyó y la eficiencia alimenticia de los animales sometidos a una restricción alimenticia en el periodo post-destete mejoró significativamente ($P<0,001$). La mortalidad tendió ($P<0,10$) a disminuir como consecuencia de la reducción en el número de bajas durante el periodo en que se practicó la restricción. Aunque el peso final de los conejos sometidos a la restricción alimenticia fue menor ($P<0,001$) que el de los alimentados *ad libitum*, la magnitud de la diferencia fue muy pequeña (30 g). Todos los animales alcanzaron el peso mínimo de sacrificio (2 kg de peso vivo) en ciclos de cebo con la duración habitual en condiciones comerciales. El nivel de alimentación (*ad libitum* vs restringido) durante las 3 semanas posteriores al destete no afectó ($P>0,15$) ni al número de animales enviados a matadero (7,31 vs 7,44) ni al peso final por jaula (15,2 vs 15,1 kg), respectivamente.

La restricción alimenticia en las tres semanas posteriores al destete (*ad libitum* vs restringido) no afectó ($P>0,15$) a los valores medios por pienso del número de ooquistes y de *C. perfringens* en heces duras. Por otra parte, un

TABLA 1. Efecto de una restricción alimenticia sobre los rendimientos productivos y la mortalidad en el periodo de cebo.

	Peso final (kg)	Consumo (kg/jaula)	IC (kg/kg)	Mortalidad (%)
Periodo de restricción (destete a ≈ 54,5 d)				
<i>Ad libitum</i>	1,70	2,47	2,97	6,62
Restringido	1,60	2,14	2,93	4,46
ESM (n=90)	0,009	0,025	0,030	0,96
P ¹	<0,001	<0,001	NS	0,025
Periodo <i>ad libitum</i> (≈ 54,5 d a fin de cebo)				
<i>Ad libitum</i>	2,07	1,52	4,38	2,35
Restringido	2,04	1,62	3,73	2,58
ESM (n=90)	0,010	0,013	0,09	0,66
P	0,003	<0,001	<0,001	NS
Periodo total (destete a fin de cebo)				
<i>Ad libitum</i>	-	3,99	3,32	8,78
Restringido	-	3,75	3,20	6,91
ESM (n=90)	-	0,03	0,02	1,13
P	-	<0,001	<0,001	0,098

¹ P: Probabilidad [$P<F$]; NS, No significativo ($P>0,10$).

análisis de covarianza realizado utilizando la prueba como variable clasificada y el conteo de ooquistes como covariable, indicó un efecto lineal ($P=0,023$) de la covariable, de forma que la mortalidad en el periodo de cebo se incrementó en un $0,273 (\pm 11) \%$ por cada incremento en una unidad del número de ooquistes $\times 10^{-3}$ en heces. El conteo de coccidios explicó un 20% de la variabilidad total de la mortalidad observada. Para el análisis de los datos de *C. perfringens* se utilizó el mismo modelo de covarianza. Los resultados indican que, a pesar de la menor información disponible (3 pruebas de cebo, 1.440 animales), se observó una tendencia ($P=0,10$) hacia un incremento de la mortalidad en un $3,6 (\pm 1,8) \%$, por cada incremento del número de unidades formadoras de colonias (ufc $\times 10^3$ /g de heces duras). En estas tres pruebas donde se controlaron tanto la concentración de coccidios como la de *C. perfringens*, esta última resultó estar más correlacionada con la mortalidad que aquélla, explicando un 40% de las variaciones de mortalidad media observadas entre piensos.

Los resultados obtenidos en este trabajo, realizado en condiciones próximas a las comerciales y con un elevado número de animales, sugieren que la aplicación de una restricción alimenticia moderada en el periodo post-destete mejora la eficiencia alimenticia de los conejos sin afectar negativamente a los rendimientos productivos del cebo en granjas con problemas moderados de mortalidad. Además, la adopción de diferentes tipos de medidas (alimentación, manejo, higiene ambiental) a nivel de granjas comerciales que reduzcan la proliferación de coccidios y *C. perfringens* en el contenido digestivo puede resultar útiles para reducir la mortalidad de conejos en el periodo de cebo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia (Proyecto 08MRU032E).

Bibliografía

- Carrión S., De Blas JC., Méndez J., Caídas A., García-Rebollar P. 2011. Nutritive value of palm kernel meal in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 165:79-84.
- Gidenne T., Feugier A., Jehl N., Arveux P., Boisot P., Briens C., Corrent E., Fortune H., Montessuy S., Verdelhan S. 2003. Un rationnement alimentaire quantitative post-sevrage permet de réduire la fréquence des diarrheas, sans dégradation importante des performances de croissance: resultants d'une etude multi-site. En 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, Francia. pp: 29-32
- Gidenne T., Combes S., Feugier A., Jehl N., Boisot P., Briens C., Corrent E., Fortune H. Montessuy S., Verdelhan S. 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal*, 3:509-515.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT® User's guide. Vols. I and II. Version 6 (4th ed). SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Tudela F. 2008. Producción de conejos con restricciones alimentarias. En XXXIII Symposium de ASESCU, España. pp: 14-21.

El manejo alimentario de los conejos en destete. Efecto sobre los rendimientos de crecimiento de los gazapos y reproductivos de las madres

Influence of pre-weaning feeding management on the performance of growing rabbits and rabbit does

Pinheiro V.^{1*}, Outor-Monteiro D.¹, Fontes P.¹, Steczová L.², Mourão J.L.¹

¹Departamento de Zootecnia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Centro de Ciência Animal e Veterinária (CECAV). P. O. Box 1013, 5000-911 Vila Real, Portugal

²Slovak University of Agriculture in Nitra, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia

*Dirección de contacto: vpinheir@utad.pt

Resumen

En este trabajo se estudiaron los efectos del tipo de pienso en el final de lactancia sobre los rendimientos de las conejas y de los gazapos. Se han utilizado 30 conejas en el día 22 de lactación, que se dividieron en 2 grupos de 15. En uno de estos grupos se ha suministrado alimento de conejas (Grupo C) y en otro pienso de gazapos (Grupo G). Este manejo se ha mantenido hasta el destete y después las madres ingirieron pienso C y los gazapos pienso G. El peso y el pienso consumido se controlaron cada 7 días entre el inicio y el final del período de crecimiento de los conejos (69 días). Con pequeñas diferencias, los rendimientos de las conejas han sido mejores con el pienso de madres y los rendimientos de los gazapos, mejores con el pienso de gazapos. Sin embargo, debido al reducido número de repeticiones y las pequeñas diferencias, en la mayoría de los resultados los efectos no son significativos. Será importante repetir el experimento para la validación de resultados, incrementando el número de conejas y testando un tiempo más largo.

Palabras clave: Conejos, alimentación, destete, rendimiento productivo.

Abstract

The effects of two type of feed distributed at end of lactation period on performance of rabbits does and growing rabbits was studied. Between the 22nd and the 35th day after parturition, two groups of 15 lactating rabbit does and its litters were fed on diets with nutritional specifications for lactating rabbit does (Group C) or growing rabbits (Group G). From the 35th day (weaning) until the 69th day the after parturition does of both groups received a diet for lactating females and growing rabbits of both groups fed diets for growing rabbits. Live weight and feed intake of growing rabbits and rabbits does were controlled weekly. The experiment showed trends to better performance when rabbits does received always diet C ($P=0.12$) and when growing rabbits were fed all the time with diet G ($P<0.07$). Probably, the low number of replicas and small differences between results did not allow that differences were statistically significant. In the future, the experiment will be repeated with a greater number of animals and during a longer period to validate the results.

Key words: Rabbit, weaning, feeding, productivity.

Introducción

En la cría de conejos, durante parte de la lactación, se alojan en el mismo espacio, la jaula, animales con edades diferentes y necesidades nutritivas distintas. Por una parte la coneja madre, un animal adulto que tiene madurez digestiva y con necesidades elevadas para soportar la lactación y, por otra parte, los gazapos, en fase inicial de alimentación sólida, con capacidad digestiva limitada y con necesidades nutritivas más reducidas.

Como animal herbívoro, el conejo está adaptado a ingerir alimentos fibrosos y tiene capacidad para digerirlos. La reducción del nivel de fibra de la dieta puede provocar disturbios digestivos (Lebas et al., 1998). Por otra parte, el incremento de la fibra de la dieta puede comprometer los rendimientos de conejas y gazapos.

Los estudios sobre el comportamiento alimentario de los conejos antes del destete son escasos y se limitan, en la mayoría de las publicaciones, a estudiar el consumo de leche (McNitt y Moody, 1988; Faria et al., 2004), sin relacionarlo con el crecimiento del gazapo en cebo y con la productividad de la coneja en ciclos futuros.

La lactación es una fase fisiológica muy exigente en que los animales entran generalmente en balance energético negativo (Xiccato et al., 1999). Esta demanda de reservas es dependiente del esfuerzo de lactancia, que puede condicionar el desarrollo de los gazapos y comprometer los rendimientos de las conejas en ciclos siguientes. Sin embargo, la composición del alimento, más energético o más fibroso, puede comprometer la condición corporal de la madre. El tipo de alimento puede también alterar la capacidad digestiva de los gazapos al destete, lo que puede reducir la mortalidad durante el engorde (Maertens y De Groote, 1990).

La influencia de la alimentación en peridestete es un tema de amplio interés en la cunicultura pero son escasos los trabajos realizados, que se pueden encontrar en la bibliografía. Por eso, pretendemos con este trabajo comparar los rendimientos productivos de las conejas y los rendimientos de los gazapos en función del tipo de alimento en el final de la lactancia y del cebo. Creemos que es un tema de gran interés para las granjas cunícolas y que pueden tener aplicación práctica.

Material y métodos

ANIMALES, ALIMENTACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento discurrió entre los meses de Julio y Septiembre de 2010 en la UTAD, siguiendo el manejo habitual de la explotación, con intervalo parto-cubrición de 11 días y alimentación *ad libitum*, únicamente alterado por el pesaje periódico de los animales y alimentos (Figura 1).

Tratamiento	Animal	Edad del gazapo (d)		
		22	35	69
C	Conejas	C	C	C
	Gazapos	C	C	G
G	Conejas	C	G	C
	Gazapos	C	G	G

FIGURA 1. Diseño experimental del trabajo.

Se controlaron 30 conejas adultas lactantes y sus camadas durante 48 días, entre el día 22 de lactación, hasta la venta de los conejos en cebo (69 días de edad). Las conejas se distribuyeron al azar en dos grupos de 15 conejas (grupos C y G). En el parto se nivelaron las camadas y se procuró que el peso medio de las conejas y de las camadas quedasen equilibrados. Se utilizaron dos piensos comerciales (Tabla 1), uno para conejas en lactancia (pienso Conejas; C) y otro pienso medicado para gazapos al destete (Pienso Gazapos; G). Entre el día 22 de la lactación y el día 35, edad de destete, se alimentaron las conejas y gazapos del grupo C con el pienso C y los animales del grupo G (madres y gazapos) con el pienso G. Después del destete las conejas ingirieron pienso C y los gazapos pienso G.

MANEJO DE LOS ANIMALES Y MEDIDAS EFECTUADAS

Las conejas se pesaron al inicio del trabajo y durante todo el experimento con intervalos semanales. La ingestión del pienso se midió al mismo tiempo que el peso de las hembras. En el parto, se contabilizaron los gazapos vivos, se pesó toda la camada y después se nivelaron las camadas y se pesaron nuevamente. Las camadas se pesaron al mismo tiempo que las conejas. En los conejos durante el cebo se han mantenido las camadas de origen y se pesaron los animales y pienso semanalmente, hasta el final del periodo de crecimiento (69 días de edad). Diariamente se vigilaban las camadas y se retiraron y contabilizaron los animales muertos. En el parto siguiente se evaluó la fertilidad, el número de nacidos vivos y el peso de la camada y del gazapo.

TABLA 1. Principales ingredientes y composición química de los piensos del experimento.

Ingredientes (%)	Tipo de pienso	
	Conejas (C)	Gazapos (G)
Bagazo de girasol	20,3	23,5
Sémolas de trigo	25,0	18,9
Trigo	9,8	-
Cebada	15,5	7,9
Alfalfa	15,3	4,7
Composición química (g 100g¹ Materia Seca)		
Materia Seca (%)	90,5	90,8
Materia Orgánica	91,2	89,0
Proteína Bruta	16,6	15,3
Grasa Bruta	3,5	3,3
FND	33,6	38,8
Almidón	18,2	14,3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de variación del peso vivo, de la ingestión y de los rendimientos productivos fueron analizados estadísticamente a través del programa estadístico JMP 5.0.1.2 (2003), teniendo en cuenta el efecto grupo. El análisis de varianza se efectuó por el procedimiento GLM y para la comparación múltiple de las medias se utilizó el test de Tukey.

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se presentan los efectos del tipo de alimento antes del destete sobre el peso vivo, ganancia de peso e ingestión de pienso de las conejas durante las dos últimas semanas de lactación. El peso vivo de las conejas no ha sido diferente en las distintas mediciones a pesar de que la ganancia de peso ha sido inferior en el grupo con cambio de pienso de conejas a pienso de gazapos. Fueron también esas conejas, en conjunto con las camadas, las que mostraron una menor ingestión de pienso durante la lactación. Sin embargo, las diferencias se desvanecen cuando tenemos en consideración el peso vivo de la jaula (madre y camada).

Los rendimientos de la camada antes del destete (Tabla 3) no fueron influenciados por el diferente manejo alimentario. Sin embargo, el peso al destete y la ganancia de peso de los gazapos fueron inferiores en el grupo en que los gazapos ingirieron el pienso destinado a madres y la mortalidad fue mayor en este grupo, pero las diferen-

TABLA 2. Peso vivo, ganancia de peso e ingestión de pienso de conejas sujetas a diferentes piensos en la fase de destete de gazapos.

	Tipo de pienso		SEM ²	P valor ¹
	Conejas	Gazapos		
Peso vivo (g)				
Inicio	3913	3934	57,4	ns
Destete	4192	4050	60,1	ns
Parto	4150	4114	44,6	ns
Ganancia de peso (g/d)				
Inicio-destete	19,9	8,2	2,67	0,02
Destete-Parto	-5,9	8,6	3,14	0,12
Ingestión de pienso (g/d)				
Inicio-destete ¹	506,0	440,7	13,32	0,01
Destete-Parto	196,0	201,5	4,81	ns
Inicio-destete (kg PV)	62,1	58,9	1,08	0,10

¹ Se ha contabilizado también la ingestión de la camada

² Significación: ns: no significativo; P<0,05 significativo; ² Error estándar de la media.

TABLA 3. Rendimientos de la camada antes del destete con diferente manejo alimentario.

	Tipo de pienso		SEM ²	P valor ¹
	Conejas	Gazapos		
N inicial	8,3	8,3	-	-
Camada				
Peso inicial (g)	2332,7	2300,8	55,08	ns
Peso final (g)	5730,2	6069,5	151,3,2	ns
Ganancia de peso (g/d)	248,5	244,6	15,39	ns
Gazapo				
Peso inicial (g)	280,4	275,9	6,59	ns
Peso final (g)	741,2	780,0	15,39	ns
Ganancia de peso (g/d)	32,30	36,1	2,97	0,07
Mortalidad (%)	7,3	6,1	1,72	ns

¹ Significación: ns: no significativo; P<0,05 significativo. ² Error estándar de la media.

cias no han sido significativas. Estos resultados están de acuerdo con lo esperado, pues las necesidades nutritivas de las hembras y de gazapos son diferentes (Lebas et al., 1998).

Después del destete, se han mantenido los grupos en engorde y se midieron los rendimientos, que se presentan en la Tabla 4. Los conejos han tenido un desempeño similar, que no ha diferido estadísticamente con el tratamiento previo. El peso vivo al sacrificio fue un poco mejor en el grupo G (68g más), pero los conejos también tenían ya 40g más al destete. Los rendimientos de los conejos en engorde, han sido un poco menores que lo esperado y lo observado en trabajos precedentes (Pinheiro et al., 2007). Las elevadas temperaturas durante el verano, durante el experimento, han implicado una menor ingestión de pienso y peores crecimientos.

Los mejores rendimientos productivos (fertilidad y peso de gazapo) en el parto han sido superiores en las conejas alimentadas siempre con su pienso (Tabla 5), pero las diferencias no son significativas. La condición corporal de las conejas en la cubrición y durante la gestación puede influenciar sus rendimientos productivos y posiblemente el cambio de pienso no tuvo efecto, pues el peso vivo de las conejas es similar a lo largo del experimento.

TABLA 4. Rendimientos de los conejos en cebo.

	Tipo de pienso		SEM ²	P valor ¹
	Conejas	Gazapos		
Peso al destete (g)	741,2	780,0	15,39	ns
Peso al sacrificio (g)	1890	1958	34,75	ns
Ganancia de Peso (g/d)	33,7	35,1	1,27	ns
Ingestión de pienso (g/d)	104,4	110,8	47,0	ns
Índice de conversión	3,21	3,18	1,19	ns
Mortalidad en cebo (%)	17,4	14,8	2,70	ns

¹ Significación: ns: no significativo; P<0,05 significativo; ² Error estándar de la media.

TABLA 5. Rendimientos de las conejas al parto siguiente

	Tipo de pienso		SEM ²	P valor ¹
	Conejas	Gazapos		
Fertilidad (%)	80,0	73,3	7,58	ns
Nados vivos (n)	10,0	9,4	0,54	ns
Mortalidad en parto (%)	5,1	8,9	2,60	ns
Peso de camada (g)	600	522	29,21	ns
Peso de gazapo (g)	60,2	56,3	1,61	0,15

¹ Significación: ns: no significativo; P<0,05 significativo; ² Error estándar de la media.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en nuestro trabajo no son concluyentes en cuanto a la mejor estrategia alimentaria a adoptar en el destete. Para la validación de los resultados, será importante repetir el experimento, incrementando el número de conejas y testando un tiempo más largo.

Bibliografía

- Faria H., Scapinello C., Peralta R., Gidenne T., Furlan A., Andreazzi M. 2004. Desempenho de Coelhos até a Desmama de Acordo com o Tamanho da Ninhada e o Nível de Amido nas Dietas. *R. Bras. Zootec.*, 33:894-900.
- JMP 5.0.1.2. 2003. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Lebas F., Gidenne T., Perez J.M., Licois D. 1998. Nutrition and pathology. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *The Nutrition of the Rabbit*, CAB Publishing, pp. 197–214
- Maertens L., De Groot G. 1990. Feed intake of rabbit kit before weaning and attempts to increase it. *J. Appl. Rabbit Res.*, 13:151-158.
- McNitt J.I., Moody J. 1988. Milk intake and growth rates of sucking rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 11:117-119.
- Pinheiro V., Mourão J.L., Jiménez G. 2007. Influence of toyocerin® (*Bacillus cereus* var. *toyoi*) on the breeding performances of primiparous rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 15:179-188.
- Xiccato G, Bernardini M, Castellini C, Dalle Zotte A., Queaque PI, Trocino A. 1999. Effect of Postweaning Feeding on the Performance and Energy Balance of Female Rabbits at Different Physiological States. *J. Anim. Sci.*, 77:416-426.

Utilización de la torta de palmiste en piensos de cebo de conejos

Inclusion of palm kernel meal in diets for growing rabbits

Losada B.^{1*}, Cachaldora P.¹, Méndez J.¹, De Blas J.C.²

¹COREN SCG., 32003 Ourense, España

²Departamento de Producción Animal, UPM, 28040 Madrid, España.

*Dirección de contacto: beatrizlosada@coren.es

Resumen

En este trabajo se ha estudiado la inclusión de un 20% de torta de palmiste en piensos equilibrados de cebo de conejos. Para ello se han realizado dos ensayos de alimentación con 480 gazapos en cada uno, para controlar parámetros de crecimiento, eficacia alimenticia y mortalidad a lo largo del periodo de cebo (35-63 días de edad). Los resultados de los ensayos de alimentación muestran que la torta de palmiste es un ingrediente palatable que permite sostener niveles altos de consumo y rendimientos en el periodo de cebo, aunque su valor energético neto podría ser inferior al expresado por su concentración en energía digestible. Por otra parte, su inclusión permitió reducir la mortalidad en el periodo de cebo, lo que podría estar relacionado con su alto contenido en ácidos grasos de cadena media y/o con su baja concentración de almidón.

Palabras clave: *Torta de palmiste, rendimientos en cebo, mortalidad, conejos.*

Abstract

In this work the inclusion of 20% of palm kernel meal in balanced feeds for fattening rabbits has been studied. Two feeding trials were conducted throughout the fattening period (from 35 to 63 days of age) using 480 weaned rabbits in each of them to determine feed intake, rate of growth, food efficiency and mortality. The results show that palm kernel meal is a suitable ingredient for rabbit's feeds that allows supporting high levels of consumption and performance in the fattening period. However, its net energy value might be lower than that expressed for his concentration in digestible energy. On the other hand, his incorporation allowed reducing fattening mortality, which might be related to its high concentration in medium chain fatty acids and/or to its low concentration of starch.

Key words: *Palm kernel meal, fattening performance, mortality, rabbits.*

Introducción

La harina de palmiste es un coproducto de creciente disponibilidad para la industria de piensos, derivado de la extracción del aceite de la semilla de la palma africana (*Elaeis guineensis*). La mayor parte de las partidas comercializadas en España corresponden a tortas obtenidas por presión mecánica (procedimiento expeller). De acuerdo con FEDNA (2010), se trata de un ingrediente adecuado para piensos de conejos, ya que contiene como media un 60,2% de fibra neutro detergente (FND), un 11,5% de lignina ácido detergente (LAD), un 15,9% de proteína bruta (PB) y un 7,3% de extracto etéreo (EE), con bajos niveles de almidón y azúcares (Bach-Knudsen, 1997). Por otra parte, presenta bajos contenidos en fibra soluble y algunos nutrientes esenciales (aminoácidos, calcio, sodio) por lo que debe equilibrarse con otros ingredientes al formular el pienso. Un trabajo previo (Carrión et al., 2011) ha determinado un valor energético de 2.345 kcal ED/kg y una digestibilidad de la FND, de la PB y del EE de un 43,0; 54,1 y 85,0%, respectivamente. Además de su elevada digestibilidad, el aceite de palmiste es altamente saturado (y por lo tanto estable frente a la oxidación) y presenta una alta concentración en ácidos grasos de cadena media (C8:0-C14:0) que suponen un 70% del total (INRA, 2002). Estos ácidos grasos están presentes también en una alta proporción en la leche de coneja (Maertens et al., 2006) y podrían explicar el efecto protector de un destete tardío sobre la viabilidad de los gazapos (Gallois et al., 2007; Romero et al., 2009). Por otra parte, la inclusión de palmiste permite sustituir almidón por una mezcla de fibra y grasa con un valor energético similar, lo que permitiría reducir el posible impacto de un exceso de almidón sobre la flora cecal en conejos jóvenes, en piensos isoenergéticos. El



objetivo de este trabajo ha sido estudiar si la incorporación un 20% de torta de palmiste a un pienso de cebo podría resultar eficaz para reducir problemas digestivos, así como comprobar si influye en los rendimientos productivos en el período de cebo.

Material y métodos

Los animales fueron manejados de acuerdo con los principios para el cuidado de los animales publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2005).

Dietas: Se formuló un pienso control de acuerdo con las recomendaciones de De Blas y Mateos (2010) para conejos en cebo. Otro pienso isonutritivo (20%TP) se formuló sustituyendo un 20% del pienso control por torta de palmiste y equilibrando el contenido en nutrientes esenciales (especialmente lisina, treonina y calcio). La composición de la muestra utilizada de torta de palmiste y la de los piensos experimentales se muestra en la Tabla 1. Los animales tuvieron acceso *ad libitum* al pienso y al agua de bebida (no medicados) a lo largo del ensayo.

TABLA 1. Composición química de los piensos y de la torta de palmiste (g/kg).

	TP ^a	Control ^b	20%TP ^c
Materia seca	900	895	907
Cenizas	44,7	94,8	86,0
Proteína bruta	162	151	155
PBIFAD ^d	28,6	7,4	10,2
PBIFND ^e	137	34,1	47,6
Almidón	10	136	99
Fibra neutro detergente	619	359	416
Fibra ácido detergente	312	178	204
Lignina ácido detergente	91,2	46,6	53,4
Cutina ácido detergente	61,9	15,1	18,9
Fibra bruta	172	157	164
Extracto etéreo	63,3	33,9	38,4
Lisina ^f	4,80	7,61	7,05
Metionina ^f	2,78	3,44	3,36
Treonina ^f	4,61	6,04	5,82
Calcio	2,04	8,28	7,02
Fósforo	5,78	5,20	5,47

^aTP: torta de palmiste; ^bpienso control; ^c20%TP: mezcla 80% control 20% TP; ^dProteína bruta insoluble en fibra ácido detergente; ^eProteína bruta insoluble en fibra neutro detergente; ^fValores calculados según FEDNA (2010).

Ensayo de alimentación: Se realizaron dos pruebas de cebo consecutivas en la granja experimental de COREN SCG situada en Maceda (Ourense). En ambos casos, se utilizaron 480 gazapos Hyplus alojados colectivamente en jaulas de ocho animales de 0,85 x 0,30 x 0,40 m (30 jaulas por ensayo y tratamiento). Las condiciones de ambiente estuvieron controladas para una temperatura y humedad relativa medias de 24 (± 2 , DS) °C y 65,9 ($\pm 4,3$) %, respectivamente. Los gazapos fueron destetados a los 35 días de edad con un peso medio de 0,91 \pm 0,068 kg y recibieron los piensos experimentales durante 4 semanas, en las que se controló globalmente el consumo de pienso y la ganancia de peso y diariamente la mortalidad. Además, se realizó un recuento semanal en una muestra representativa de heces duras recogidas debajo de las jaulas asignadas a cada tratamiento del número de ooquistes (mediante conteo en cámara de McMaster) y de unidades formadoras de colonias de *C. perfringens* (mediante conteo en placa).

Análisis químicos: Se utilizaron los procedimientos de la AOAC (2000) para determinar los contenidos en materia seca, cenizas, EE, PB y almidón. Las concentraciones de FND, fibra ácido detergente (FAD), ADL y cutina ácido detergente (CAD) se determinaron secuencialmente usando el sistema de bolsas filtrantes de acuerdo con los métodos AOAC (2000) y Van Soest et al. (1991). Las proporciones de PB insoluble en los residuos FND y FAD se determinaron según Licitra et al. (1996).

Análisis estadístico: Todos los datos se analizaron como un modelo completamente al azar con la jaula como unidad experimental y el tipo de pienso como efecto principal. La mortalidad se analizó utilizando modelos lineales generalizados, mediante el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS (1990). Los resultados de ambas pruebas, además de los de otro ensayo anterior (Carrión et al., 2011) se estudiaron conjuntamente por un meta-análisis, utilizando el procedimiento MIXED del SAS, con el ensayo como efecto aleatorio y el tipo de pienso como efecto fijo en el modelo.

Resultados y discusión

Durante el desarrollo de las pruebas la granja atravesó un problema de enteropatía epizoótica con altas concentraciones de ooquistes que disminuyeron a lo largo del periodo experimental, y resultaron ser ligeramente inferiores en el caso de heces procedentes de animales alimentados con el pienso que incluía torta de palmiste (ver Figura 1). En cambio las concentraciones de *C. Perfringens* se mantuvieron limitadas a lo largo de las pruebas en cada uno de los piensos, siendo como media de 4000 ufc/g y el más alto de 42×10^3 .

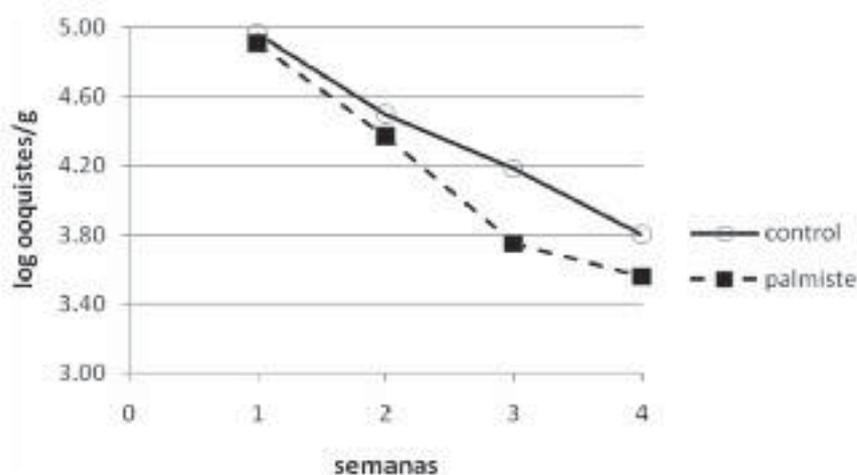


FIGURA 1. Evolución de los conteos de ooquistes (\log_{10} /g de heces) a lo largo del periodo experimental (valores medios ensayos 1 y 2).

La mortalidad en el periodo de cebo fue elevada en ambos ensayos (Tabla 2) y tendió a disminuir en los animales suplementados con palmiste, aunque las diferencias entre piensos en cada ensayo no alcanzaron niveles significativos. Cuando se realizó un meta-análisis combinando los resultados de ambos ensayos con lo de un ensayo previo (Carrión et al., 2011), el efecto global resultó significativo ($P < 0,001$) y supuso una reducción de la mortalidad media desde un 18,3 en el pienso control hasta un 12,5% en el pienso experimental. Este efecto podría explicarse por una disminución del contenido en almidón en el pienso experimental y/o por una elevada concentración de ácidos grasos de cadena media en la torta de palmiste. Diferentes trabajos han observado *in vitro* un efecto bactericida de los ácidos grasos de cadena media frente a *C. perfringens* (Skrivanova et al., 2005) y sobre *E. coli* O103 (Gallois et al., 2008) aunque los efectos *in vivo* de distintos productos comerciales frente a colibacilosis no resultaron significativos en algunos ensayos (Gallois et al., 2008; Skrivanova et al., 2008).

Los altos niveles de inclusión (20%) de torta de palmiste utilizados en este trabajo no influyeron en el consumo de pienso en ninguno de los dos ensayos realizados (ver Tabla 2). Sin embargo, la velocidad de crecimiento tendió a empeorar en cada uno de ellos, así como la eficacia alimenticia (especialmente en el ensayo 1) en los animales que recibieron el pienso experimental. Cuando se combinaron los datos de este trabajo en un meta-análisis con los de Carrión et al. (2001), tanto la disminución de la ganancia media diaria (6,4%) como la de la eficacia alimenticia (5,6%) alcanzaron niveles significativos ($P = 0,002$ y $P = 0,025$, respectivamente). Pese a que los piensos se formularon para ser isoenergéticos, es posible que el contenido en energía digestible de la torta de palmiste sobrevalore su energía neta, como consecuencia de unas mayores pérdidas energéticas de fermentación ligadas al elevado contenido en fibra de este ingrediente (619 g FND/kg en la muestra estudiada en este trabajo).

TABLA 2. Efecto de la inclusión de un 20% de torta palmiste sobre los rendimientos productivos y la mortalidad en el período de cebo.

	Pienso		SEM	P
	Control	20% TP		
Ensayo 1				
Consumo (kg/jaula)	3,00	2,93	0,058	NS
Ganancia peso (kg/jaula)	1,03	0,97	0,020	NS
Índice conversión (kg/kg)	2,95	3,02	0,057	0,013
Mortalidad (%)	23,8	18,3	-	NS
Ensayo 2				
Consumo (kg/jaula)	3,33	3,19	0,095	0,01
Ganancia peso (kg/jaula)	1,03	0,93	0,053	NS
Índice conversión (kg/kg)	3,51	3,42	0,131	NS
Mortalidad (%)	31,1	21,8	-	NS

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia (Proyecto O8MRU032E) y el MCINN (Proyecto AGL 2008-00627).

Bibliografía

- AOAC 2000. *Official Methods of Analysis (17th ed)*. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, EEUU.
- Bach-Knudsen K.E. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 67:319-338.
- BOE 2005. Real Decreto 1201/2005. Sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. *BOE*, 242:34367-34391.
- Carrión S., De Blas J.C., Méndez J., Caidas A., García-Rebollar P. 2011. Nutritive value of palm kernel meal in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 165:79-84.
- De Blas J.C., Mateos G.G. 2010. Feed formulation. In: de Blas J.C., Wiseman J. (eds). *The nutrition of the rabbit (2nd ed)*. CABI Publishing CAB International, Wallingford, UK, 222-232.
- FEDNA. 2010. *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3rd ed.)*, de Blas, J.C., Mateos, G. G., García-Rebollar, P. (eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid.
- Gallois M., Gidenne T., Tasca C., Caubet C., Coudert C., Milon A., Boullier, S. 2007. Maternal milk contains antimicrobial factors that protect young rabbits from enteropathogenic *Escherichia coli* infection. *Clin. Vaccine Immunol.*, 14:585-592.
- Gallois M., Gidenne T., Orengo J., Caubet C., Tasca C. Milon A., Boullier, S. 2008. Testing the efficacy of medium chain fatty acids against rabbit colibacillosis. *Vet. Microbiol.*, 131:192-198.
- INRA. 2002. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. D. Sauvant, J.M. Perez, G. Tran (eds). INRA Editions, Paris, Cedex, France.
- Licitra G., Hernández T.M., Van Soest P.J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 57:347-358.
- Maertens L., Lebas F., Szendro Z. 2006. Rabbit milk: a review of quantity, quality and non-dietary affecting factors. *World Rabbit Sci.*, 14:205-230.
- Romero C., Nicodemus N., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., Ibáñez M.A., de Blas J.C. 2009. Dietary level of fibre and age at weaning affect the proliferation of *C. perfringens* in the caecum, the incidence of ERE and the performance of fattening rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 153:131-140.
- SAS Institute. 1990. *SAS/STAT® User's guide. Vols. I and II. Version 6 (4th ed)*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Skrivanova E., Marounek M., Dlouha G., Kanja J. 2005. Susceptibility of *Clostridium perfringens* to c-2-c-18 fatty acids. *Letters Appl. Microbiol.*, 41:77-81.
- Skrivanova E., Molatová Z., Marounek M., 2008. Effects of caprylic acid and triacylglycerols of both caprylic and capric acid in rabbits experimentally infected with enteropathogenic *Escherichia coli* O103. *Vet. Microb.*, 126:372-376.
- Van Soest J.P., Robertson J.B. y Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.

Digestibilidad “*in vitro*” de la materia seca y fibra detergente neutra de las harinas integrales de *Lablab purpureus* (dólícho) y *Stizolobium niveum* (mucuna)

In vitro digestibility of dry matter and neutral detergent fiber in whole meal of *Lablab purpureus* (Dolicho) and *Stizolobium niveum* (Mucuna)

Caro Ríos Y., Dihigo L.E., Hernández Y., Domínguez M.

Instituto de Ciencia Animal (ICA), San José de Las Lajas, La Habana, Cuba
 Dirección de contacto: ycaro@ica.co.cu

Resumen

Se empleó la técnica *in vitro* con el uso del inóculo cecal del conejo para determinar la digestibilidad de la materia seca (MS) y de la fibra detergente neutra (FDN) de las harinas integrales de *Lablab purpureus* (dólícho) y *Stizolobium niveum* (mucuna). Las muestras de cada alimento se distribuyeron según diseño completamente aleatorizado en seis bolsas de muselina y se incubaron a 38 °C durante 48 h. Los mayores valores de DMS se observaron en las dietas experimentales, las que no mostraron diferencias entre ellas. La alfalfa mostró valores bajos en la digestibilidad de la MS ($P < 0,001$), con respecto a la dieta control y a las dietas que contenían las harinas integrales. No se observó diferencia en los índices de digestibilidad *in vitro* de la FDN, ni en las variaciones de pH a las 24 h entre las dietas estudiadas. Después de un período de incubación de 48 h se observó en el control y con el 20% de harina integral de dólícho, bajos valores de pH ($P < 0,001$). Los resultados sugieren que la inclusión de harina integral de dólícho y mucuna hasta un 20 % en dietas para conejos no afecta los índices de digestibilidad *in vitro* de la MS y la FDN. Las variaciones en el pH estuvieron determinadas por el tiempo de incubación y el tipo de alimento utilizado, con un comportamiento desfavorable en fuentes únicas de nutrientes como la alfalfa.

Palabras clave: Harinas integrales, dólícho, mucuna, *in vitro*, digestibilidad.

Abstract

The technique *in vitro* was used utilizing the rabbit's cecal inoculum to determine the dry matter and neutral detergent fiber digestibility in whole meal of *Lablab purpureus* (dólícho) and *Stizolobium niveum* (mucuna). The feeding samples were distributed in a random block design in six muslin bags and were incubated at 38 °C during 48 h. The highest values of DMD were observed in the experimental diets which didn't show differences between them. The lucerne showed low values of DMD ($P < 0.001$) in relation to the control diet and the diets containing the whole meal. No difference was observed in the *in vitro* digestibility index of NDF or in the pH variations between the studied diets at 24 h. After a period of 48 h of incubation, low values of pH ($P < 0.001$) were observed in the control and 20% whole meal of dolicho. The results suggested that the inclusion of dolicho and mucuna whole meal up to 20% in diets of rabbits didn't affect the *in vitro* digestibility index of DM and NDF. The pH variations were determined by the incubation time and the kind of feed, wat unfavourable behaviour in single sources of nutrients like lucerne.

Key word: Whole meal, dolicho, mucuna, *in vitro*, digestibility.

Introducción

La necesidad cada vez más creciente de incluir alimentos no convencionales en las raciones de conejos requiere la evaluación de estas fuentes alternativas para incrementar su eficiencia en la práctica productiva (Mastrapa, 1996). En este sentido, las leguminosas temporales constituyen una alternativa viable en la alimentación de especies monogástricas debido a su bajo costo y la no competencia con la alimentación humana.

Fernández-Carmona et al. (1993) utilizaron el líquido cecal como inóculo para simular los procesos que ocurren *in vivo* y demostraron la alta correlación que existe entre este método y el uso de complejos enzimáticos.

De forma general, las metodologías *in vitro* constituyen un apoyo importante para medir el valor nutricional de estas fuentes alternativas, por su rapidez, bajo costo y menor afectación de los animales vivos. Por lo que el objetivo de este trabajo es determinar la digestibilidad *in vitro* de la MS y FDN de las harinas integrales de *Lablab purpureus* (dólcho) y *Stizolobium niveum* (mucuna), mediante el uso del inóculo cecal del conejo.

Material y métodos

Dietas: Se utilizaron las harinas integrales de dólcho y mucuna las que se incluyeron en un 20 % en sustitución del salvado de trigo y la alfalfa se utilizó como patrón (Tabla 1).

TABLA 1. Composición de las dietas experimentales y la Alfalfa para conejos (g/100g).

MATERIAS PRIMAS	ALFALFA	CONTROL	20% de DÓLCHO	20% de MUCUNA
Salvado de Trigo		42,00	22,00	22,00
Harina de Dólcho		-	20,00	-
Harina de Mucuna		-	-	20,00
Harina de Caña		10,00	10,00	10,00
Harina de Cítrico		5,00	5,00	5,00
Harina de Soya		15,00	13,10	14,00
Harina de Maíz		23,30	25,10	24,10
Aceite		2,00	2,00	2,00
Carbonato de Calcio		0,40	0,50	0,40
Fosfato dicálcico		1,30	1,30	1,30
Metionina		0,20	0,20	0,20
NaCl		0,40	0,40	0,40
Pre Mezcla Min-Vit. ¹		0,40	0,40	0,40
ANÁLISIS CALCULADO (%)				
MS	93,10	92,73	93,11	93,46
PB	16,25	17,06	17,30	17,33
FB	14,83	11,35	17,46	17,69

¹ Cada kg contiene: vitamina A 12 000 UI, vitamina D₃ 2000 UI, vitamina B₂ 4160 UI, Niacina 16 700 UI, ácido pantoténico 8200 UI, vitamina B₆ 3420 UI, ácido fólico 0,980 g, vitamina B₁₂ 16mg, vitamina K 1560 UI, vitamina E 16g, BHT 8,5g, cobalto 0,750g, cobre 3,5g, hierro 9,86g, manganeso 6,52g, sodio 0,870g, zinc 42,4g, selenio 6,6g.

PREPARACIÓN DEL INÓCULO CECAL

El inóculo cecal se preparó según la metodología descrita por Pascual et al. (2000). Se utilizaron los ciegos de dos conejos California (75 días de edad), 2 kg PV. Los animales consumieron una mezcla de las tres dietas en experimentación durante 30 días.

Se seleccionaron 6 muestras de cada dieta experimental, las que se depositaron en bolsas de muselina de 48 µ de porosidad que contenían dos gramos de muestra. Posteriormente se depositaron en tubos de incubación de 120 ml y se adicionó a cada tubo 100 ml del inóculo después de ajustado el pH a 6,9. Los tubos se distribuyeron en

baños de agua con agitación y control de temperatura de forma aleatoria y se colocaron blancos para corregir MS, y variaciones del pH. Después se incubaron a 38 °C durante 48 h.

Al terminar el período de incubación, se midió el pH y se preservó una muestra del sobrenadante con 0,02 ml de ácido ortofosfórico, para determinar los ácidos grasos de cadena corta (AGCct) totales. Las bolsas se lavaron en tres tiempos con agua destilada fría y alcohol etílico de 90° y se colocaron en la estufa a 60 °C durante 48h para la determinación de la MS y posteriormente determinar el contenido en FDN.

El pH se determinó en un pHmetro digital, modelo PW 9420.

CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE NUTRIENTES

Para el cálculo de los coeficientes medios de digestibilidad aparente de los nutrientes se utilizó la fórmula descrita por Pérez et al. (1995)

$$CDa = \frac{\text{Nutriente incubado (g)} - \text{Nutriente sin digerir (g)} * 100}{\text{Nutriente incubado (g)}}$$

ANÁLISIS QUÍMICO

La concentración de AGCC totales se precisó por destilación. La MS, según la AOAC (1995). Para el análisis de la FDN se realizó el fraccionamiento de la fibra, según lo referido por Goering y Van Soest (1993).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado y los datos se procesaron en el sistema INFOSTAT versión 1.0 (2001). En los casos necesarios, la comparación entre medias se docimó según Duncan (1955).

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se observan los coeficientes de digestibilidad aparente *in vitro* de la MS, FDN y la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCct).

No se observó diferencia en los índices de digestibilidad *in vitro* de la FDN (DFDN) entre las dietas estudiadas.

El menor valor de digestibilidad de la MS ($P < 0,001$) se encontró en la alfalfa, con respecto a las dietas control, harina integral de dólcho y mucuna con diferencias de 27,64, 23,8 y 20,78%, respectivamente. No obstante, los valores de digestibilidad de la MS en la alfalfa se encuentran dentro de los rangos informados por Lui et al. (2004) en conejos alimentados con diferentes lotes de alfalfa, cuyos valores oscilaron entre 40,7-54,7%.

La alfalfa se utilizó como patrón, ya que constituye la principal fuente de fibra que más se usa mundialmente en la alimentación cunícola, por sus características nutritivas, favorece la estabilidad de la actividad microbiana en el tracto digestivo del conejo. Es necesario destacar que como única fuente de alimento está en desventajas con respecto a las dietas elaboradas según requerimientos nutricionales (Lebas, 2004), estas últimas favorecen los procesos digestivos.

Los mayores valores de DMS se observaron en las dietas experimentales, las que no mostraron diferencias entre ellas. Lo que se corresponde con el menor contenido de FDN (Dihigo et al., 2004b) y de lignina de las dietas, esta última es la responsable de la baja digestibilidad de los pastos maduros (Gómez et al., 2002).

No se encontró en la literatura trabajos que refieran el uso de estas fuentes en conejos. Sin embargo, los resultados fueron superiores a los reportados por Nieves (2005) quien suministró a conejos de engorde dietas en forma de harina, que contenían niveles crecientes de *Trichanthera gigantea* (0, 10, 20 y 30%) y obtuvo como resultado valores de 74,36, 70,28, 69,42 y 66,79 %, respectivamente.

El menor valor de digestibilidad de la MS ($P < 0,05$) se encontró en la alfalfa, con respecto a las dietas control, harina integral de dólcho y mucuna. Esto se relaciona con el aumento del pH, el cual pudiera estar dado por un aumento en la digestión de las proteínas o a la baja concentración de AGCct como se observó en el presente trabajo

TABLA 2. Coeficientes de digestibilidad in vitro de la MS, FDN y producción de AGCCt de las dietas y la alfalfa (en %).

Tratamientos	DMS (%)	Indicadores DFDN (%)	AGCCt
Alfalfa	52,60 ^a	46,31	51,15 ^a
Control	80,24 ^b	45,98	132,41 ^c
Dólícho 20%	76,40 ^b	44,96	128,88 ^{bc}
Mucuna 20%	73,38 ^b	46,46	111,96 ^b
EE (±) Sig	2,97 ^{***}	3,87	6,06 [*]

DMS: Digestibilidad de Materia Seca. DFDN: Digestibilidad Fibra Detergente Neutra. AGCCt: Ácidos Grasos de Cadena Corta totales. ^a Filas con letras diferentes difieren significativamente a P<0,05, (Duncan, 1955). * P<0,05, *** P<0,001

(Dihigo, 2004). El dólícho y la mucuna no presentaron diferencias en cuanto al pH, lo cual pudo estar dado por la capacidad amortiguadora que presentan estas fuentes para mantener la estabilidad del medio de incubación.

La Figura 1 se muestra los valores de variabilidad del pH de las dietas experimentales a las 24 y 48 h, respectivamente.

Se observó un aumento del pH (P<0,001) a las 24 h en la alfalfa, lo que pudo estar dado por un incremento en la concentración de amoníaco, responsable del aumento del pH en el medio de incubación producto de la degradación de las proteínas (Marrero et al., 2000) o al rápido aumento de aminoácidos en el medio los que contienen grupos polares que establecen enlaces hidrógenos con el agua debido a sus grupos hidroxilo. Esta última hipótesis debe ser confirmada en próximos estudios.

No se observó diferencias en las variaciones de pH a las 24 h entre las dietas. Esto es de gran importancia, ya que contribuye a mantener las condiciones de pH en el TGI de las especies monogástricas, lo que estimula el incremento de la actividad enzimática a este nivel, que a su vez favorece la digestibilidad y absorción de nutrientes (Savón et al., 2004).

Después de un período de incubación de 48 h se observó que los menores valores de pH (P<0,001) fueron para la dieta control y con 20 % de harina integral de dólícho esto pudiera estar determinado por una mayor concentración de AGCCt por aumento de la fermentación de los almidones presentes y de la fibra soluble como las pectinas y hemicelulosas. Sin embargo, entre las dietas con harina integral de dólícho y mucuna no se observaron diferencias. Lo cual puede relacionarse con su capacidad amortiguadora, para mantener el pH del medio, ya que según

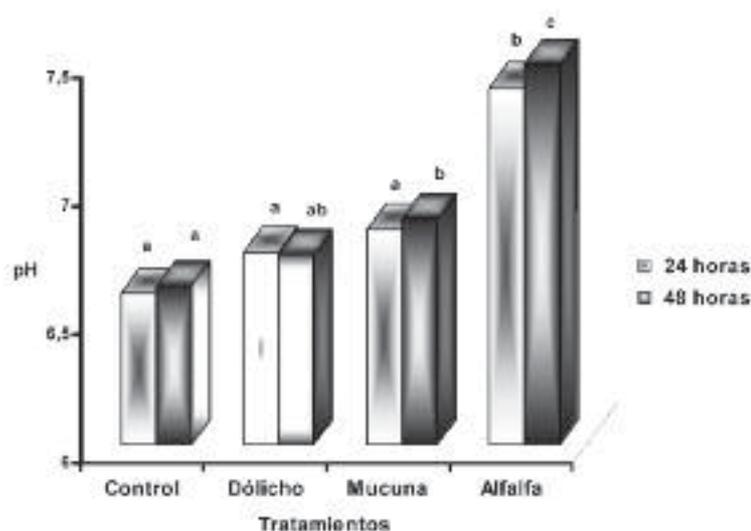


FIGURA 1. Variaciones del pH de las dietas experimentales y la alfalfa, a las 24 y 48 horas de incubación.

Savón et al. (2002) la capacidad amortiguadora (ácida y básica) es una de las propiedades físicas que se relaciona con la regulación del pH de la fibra en el tracto gastrointestinal. Este indicador cuantifica la resistencia de la fibra a variar su pH.

Por otra parte la alfalfa tuvo un comportamiento similar que a las 24h lo que pudo estar determinado por una mayor concentración de las sustancias antes mencionadas.

Los resultados sugieren que la inclusión de harina integral de dólcho y mucuna hasta un 20 % en dietas para conejos no afectó los índices de digestibilidad *in vitro* de la MS y la FDN. Las variaciones en el pH estuvieron determinadas por el tiempo de incubación y el tipo de alimento utilizado, con un comportamiento desfavorable en fuentes únicas de nutrientes como la alfalfa.

Bibliografía

- AOAC. *Official Methods of Analysis. Ass. Off. Agric. Chem. 16th ed. Washington, D. C. 1995.*
- Dihigo L. 2004. *Efecto de la fuente de alimentos fibrosos para conejos y el tiempo de incubación en la digestibilidad de la Materia seca in vitro. Rev. Cubana Cienc. Agríc., 38:185-188.*
- Fernández-Carmona J., Cervera C., Blas E. 1993. *Un nuevo método in vitro para el estudio de la digestión del conejo. Memorias del XVIII Symposium de Cunicultura, Valencia, España p. 43-45.*
- Nieves D. 2005. *Forrajes promisorios para la alimentación de conejos en Venezuela. Valor nutricional. En: Alimentación no convencional para monogástricos en el trópico. Memorias del VIII Encuentro de Nutrición de animales monogástricos. 5-16 Noviembre. GUANARE. Venezuela. p. 7-15.*
- Pascual J., Fernández-Carmona J., Díaz J. R., Garcés C., Rubert-Alemán J., Muelas R. 2000. *Nutritive evaluation of rabbit diets by different in vitro digestibility Methods. World Rabbit Sci., 8(1):385-389.*

PARTE 3

GESTIÓN

• Informe de resultados de gestión técnica con **bdcuni** 2010

Serrano P., Pascual M., Gómez E.A.

XXXVI Symposium de Cunicultura



Informe de resultados de gestión técnica con **bdcuni** 2010

*Report of technical management results with **bdcuni** 2010*

Serrano P., Pascual M., Gómez E.A.

¹Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Apartado 187, 12400 Segorbe (Castellón), España

^{*}Dirección de contacto: serrano_pau@gva.es

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de gestión técnica obtenidos a partir de **bdcuni** (Base de datos del sector cunícola español, www.ivia.es/bdcuni) correspondientes a 2010. Los índices calculados fueron palpaciones positivas respecto a hembras (84,2%), partos respecto a hembras (79,5%), número de partos por hembra y año (7,6), intervalo entre partos (49,7 días), mortalidad en lactación (12,5%), mortalidad en engorde (8,2%), peso medio de venta (2,119 kg/conejo), gazapos destetados por hembra y año (60,4), gazapos producidos por hembra y año (55,4), kilogramos producidos por hembra y año (117,4), número de nacidos vivos por parto (9,4), gazapos destetados por parto (8,2), gazapos producidos por parto (7,4), kilogramos producidos por parto (16,0), número de nacidos vivos por inseminación (7,5), gazapos destetados por inseminación (6,6), gazapos producidos por inseminación (6,0), kilogramos producidos por inseminación (12,8) e índice de conversión global (3,37). Asimismo se presentan los primeros resultados de los grupos de referencia, por zona geográfica (zona Norte, zona Levante y zona Sur de España) y por tipo de manejo (banda única o más de una banda).

Palabras clave: Conejo, gestión técnico económica.

Abstract

*Technical management indexes during 2010 in Spanish rabbit farms using **bdcuni** (database of technical management in Spanish commercial rabbitries, www.ivia.es/bdcuni) are shown in the present work. Indexes obtained were positive pregnancy test (84.2%), kindling rate (79.5%), number of kindlings per doe and year (7.6), kindling interval (49.7 days), mortality during lactation (12.5%), mortality during the fattening period (8.2%), averaged slaughter weight (2.119 kg/rabbit), weaned rabbits per doe and year (60.4), produced rabbits per doe and year (55.4), kilograms produced per doe and year (117.4), total born alive per kindling (9.4), weaned rabbits per kindling (8.2), produced rabbits per kindling (7.4), kilograms produced per kindling (16.0), total born alive per insemination (7.5), weaned rabbits per insemination (6.6), produced rabbits per insemination (6.0), kilograms produced per insemination (12.8) and global feed conversion ratio (3.37). Also first results of the reference groups, geographic area (North area, South area and East area) and management (one batch and more than one) are shown.*

Key words: Technical and economical management, rabbit.

Introducción

La cunicultura es una actividad empresarial que en los últimos años no atraviesa momentos de bonanza. En muchos periodos, los ingresos obtenidos no cubren los costes de producción y esto genera un desánimo en el conjunto del sector.

En este contexto, la gestión técnica/económica se presenta como una herramienta de gran valor para los cunicultores, ya que permite obtener una visión real de cuál es la situación de la explotación y tomar las decisiones adecuadas para intentar mejorar los resultados, reducir los costes y por tanto aumentar la rentabilidad de las explotaciones. El uso de programas de gestión que, además, permitan comparar los resultados propios con los obtenidos en otras explotaciones es un valor añadido a la de por sí valiosa información que proporcionan estos programas.

La base de datos del sector cunícola español (**bdcuni**) presta servicio a un número creciente de explotaciones españolas que utilizan este sistema gratuito y confidencial como herramienta de ayuda a la gestión técnica y económica en sus explotaciones.

En este trabajo se presentan los datos de gestión técnica obtenidos a partir de la información almacenada en **bdcuni** referentes al año 2010.

Material y métodos

Los índices se calcularon en base a los datos técnicos nacionales registrados por este sistema. La información sobre los datos recogidos está disponible en www.ivia.es/bdcuni. Los índices de gestión técnica fueron calculados para cada explotación. Los valores medios se obtuvieron ponderando por el número de reproductoras de cada explotación. Además de los resultados generales para todo el territorio nacional, se crearon los grupos de referencia, por zona geográfica y por tipo de manejo y se calcularon sus medias.

Los grupos de referencia creados fueron:

- **Zona geográfica:** explotaciones separadas en zona Norte (Galicia, Cantabria, Castilla y León y Comunidad de Madrid), zona Levante (Aragón, Cataluña, Comunidad Valenciana y Región de Murcia) y zona Sur de España (Castilla-La Mancha, Extremadura y Andalucía). Asturias, Islas Canarias, Ceuta y Melilla y Baleares no se incluyeron dentro de la zonificación por carecer de pocas o ninguna explotación adherida al sistema. Las comunidades autónomas de Navarra, País Vasco y La Rioja poseen un sistema de gestión propio y no participan todavía en el sistema **bdcuni**.

- **Tipo de manejo:** banda única o más de una banda. Dentro de banda única se incluyeron los datos de aquellas explotaciones con más de una banda que no intercambiaban hembras entre bandas, i.e., cada banda es tratada como una banda única.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se pueden observar los valores medios para el año 2010 de algunos de los índices de gestión técnica obtenidos gracias a **bdcuni**. Los rangos son similares a los publicados por otros autores (Lebas, 2010; Pascual et al., 2010; Serrano et al., 2009; Rosell y González, 2009).

Asimismo, se muestran los resultados de gestión técnica de los grupos de referencia por zona geográfica y por tipo de manejo. La creación de estos grupos de referencia permite acotar mejor las diferencias relativas a las distintas zonas de producción del país o del tipo de manejo que presentan las explotaciones dentro del territorio nacional. **bdcuni** también cuenta con grupos de referencia pertenecientes a distintas cooperativas cunícolas que pueden ofrecer a sus socios la posibilidad de realizar gestión comparada, dentro de su ámbito de producción. En este caso los resultados obtenidos son confidenciales y están solo a disposición de los socios.

TABLA 1. Resultados de gestión técnica con **bdcuni** para 2010. Tendencia de algunos de los índices de gestión técnica de los grupos de referencia zona geográfica y tipo de manejo. Fuente: www.ivia.es/bdcuni

	General	Norte	Levante	Sur	Bandas únicas	>1 banda
Palpaciones positivas/hembras (%)	84,2	83,8	84,5	84,0	84,2	83,7
Partos respecto a hembras (%)	79,5	79,7	81,3	78,0	80,5	77,2
Nº partos por hembra y año	7,6	7,3	7,2	7,7	7,3	7,8
Intervalo entre partos (días)	49,7	50,7	52,6	49,3	50,9	48,9
Mortalidad en lactación (%)	12,5	11,7	11,8	13,9	10,4	16,8
Mortalidad en engorde (%)	8,2	5,2	7,6	15,0	5,9	12,8
Peso medio de venta (kg/conejo)	2,119	2,136	2,178	2,063	2,169	2,033
Destetados por hembra y año	60,4	58,7	53,7	64,0	59,1	61,0
Producidos por hembra y año	55,4	55,7	49,8	54,2	55,7	52,9
kg producidos por hembra y año	117,4	119,3	108,3	111,2	120,7	107,0
Nacidos vivos por parto	9,4	9,7	8,5	9,0	9,5	9,2
Destetados por parto	8,2	8,5	7,4	7,8	8,5	7,5
Producidos por parto	7,4	8,1	6,8	6,6	8,0	6,5
kg producidos por parto	16,0	17,3	14,9	13,8	17,3	13,2
Nacidos vivos por inseminación	7,5	7,8	6,9	7,1	7,7	6,9
Destetados por inseminación	6,6	6,9	6,2	6,1	6,9	5,8
Producidos por inseminación	6,0	6,5	5,6	5,3	6,5	5,2
kg producidos por inseminación	12,8	13,9	12,2	10,9	14,1	10,3
Índice de conversión global	3,37	-	-	-	-	-

En general, los mayores índices de producción se obtienen en la zona Norte. En el caso de la zona Sur, podemos destacar la alta mortalidad en engorde respecto al resto de las áreas. Ésta podría indicar mayor incidencia de problemas patológicos en las explotaciones de esta zona adheridas al sistema. Estas mortalidades hacen que la zona Sur, caracterizada por un alto índice de destetes por hembra y año, no destaque por el número de gazapos producidos por hembra y año.

En el caso del tipo de manejo, los resultados productivos son mejores en el grupo de banda única. Las mayores mortalidades observadas en el manejo a más de una banda podrían tener relación con problemas patológicos presentes en las explotaciones, ya que este tipo de manejo no permite el vacío sanitario y por tanto existe una mayor dificultad a la hora de controlar y eliminar determinados procesos infecciosos tanto en lactación como en engorde.

Otras ventajas que proporciona el manejo en banda única es la mejora de la rentabilidad del tiempo, especialmente en ciclos de 42 días (Tudela, 1996). Esto supone un aumento de los márgenes económicos de la explotación debido a la reducción del coste de la mano de obra por kilogramo de conejo vendido.

Es necesario recalcar que lo mejor no es una alta productividad sino una alta rentabilidad (las granjas más productivas no tienen por que ser las más rentables), pero para poder saber cuál es la mejor desde el punto de vista de la rentabilidad es necesario conocer cuáles son los datos económicos.

Así pues, la gestión económica de las explotaciones es imprescindible a la hora de tomar medidas que nos ayuden a intentar mejorar nuestros beneficios. La implementación de estos sistemas de gestión técnico y económica comparada son una tarea pendiente del sector cunícola español, que seguro aportaría grandes ventajas a nuestros productores.

Bibliografía

- Lebas F. 2010. *Situation cunicole en France en 2009: Performances moyennes des élevages selon les résultats de RENACEB pour l'année 2009, situation du marché cunicole français et premières évaluations pour l'année 2010.* *Cuniculture Magazine*, 37:74-82.
- Pascual M., Serrano P., Gómez E. A. 2010. *bdcuni: Resumen de resultados de gestión técnica 2008 y 2009.* En: XXXV *Symposium de Cunicultura de la Asociación Española de Cunicultura. Segovia, España*, pp. 51-53.
- Rosell J., González F.J. 2009. *Gestión técnica de explotaciones cunícolas 1992-2008.* *Cunicultura*, 34(200):27-28.
- Serrano P., Pascual M., Gómez E.A. 2009. *Gestión cunícola: primeros resultados con bdcuni.* *AIDA, Tomo II*, pp 439-441. En: *XIII Jornadas de Producción Animal (AIDA)*. Zaragoza, España.
- Tudela F. 1996. *La evolución del manejo.* *Jornadas Profesionales de Cunicultura. Real Escuela de Avicultura, Sitges*, pp. 3.1-3.6.

GENÉTICA

- Evaluación de la longevidad de cuatro líneas maternas de conejo y sus correspondientes cruces

Ragab M., Sánchez J.P., Mínguez C., Baselga M.

- Origen genético de la coneja, condiciones ambientales de lactancia y supervivencia de gazapos en el cebadero

Saviotto D., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Martínez-Vallespín B., García-Diego F.J., Fernández C., Pascual J.J., Blas E., Cervera C.



Evaluación de la longevidad de cuatro líneas maternales de conejo y sus correspondientes cruces

Evaluation of four maternal lines and corresponding cross does for longevity

Ragab M.^{1,2*}, Sánchez J.P.¹, Mínguez C.¹, Baselga M.¹

¹Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

²Poultry Department, Faculty of Agriculture, Kafr El-Sheikh University, Egipto

*Dirección de contacto: moramo@upvnet.upv.es

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar cuatro líneas maternales y sus respectivos cruces recíprocos para longevidad funcional. Las cuatro líneas involucradas en el experimento de cruzamiento dialélico fueron A, V, H y LP (L). Todas ellas están siendo seleccionadas por tamaño de camada al destete. Nuestro propósito fue obtener indicaciones de la variación entre los dieciséis grupos genéticos que forman el experimento. La longevidad funcional se definió como el número de días entre la primera palpación positiva de un animal y su muerte o eliminación por razones exclusivamente sanitarias; este carácter representa la capacidad de la hembra para evitar la eliminación involuntaria. En total se dispuso de 4.141 registros de longevidad, que se obtuvieron entre Septiembre de 2008 y Enero de 2011. Los datos fueron analizados usando el programa Survival Kit 6.0, en particular se consideró un modelo de Cox de efectos fijos de riesgos proporcionales, que contempló como factores dependientes del tiempo la combinación Granja-Año-Estación, el Número de Nacidos Vivos, el ordinal de palpación positiva y los sucesivos estados fisiológicos por los que pasaba la hembra (gestante, lactante, vacía y gestante-lactante). El modelo también incluyó el factor no dependiente del tiempo del tipo genético al que el animal pertenecía. Las líneas A y H tuvieron una capacidad similar para superar los factores de riesgo que pudieran determinar su muerte o eliminación, y ambas eran más sensibles a estos factores que las líneas V y L. Las diferencias entre los cruces recíprocos fueron en general poco importantes y no significativas. El riesgo de eliminación o muerte de los animales cruzados, frente al riesgo promedio de las líneas de las que estos proceden, como cabría esperar, fue menor para el caso de los cruzados. Esto es una clara evidencia a favor de la existencia de efectos heteróticos para este carácter funcional. Lo que es un indicativo más para recomendar la producción comercial utilizando hembras cruzadas procedentes de líneas de alta producción.

Palabras clave: Líneas maternales, cruzamiento dialélico, longevidad, análisis de supervivencia.

Abstract

The objective of this study was to evaluate four maternal lines and the corresponding crossbred does, from a complete diallel cross, for functional longevity. The four maternal rabbit lines involved were A, V, H and LP (L). The lines considered have been selected for litter size at weaning for a long time. Our purpose was to get indications of variation between the sixteen genetic groups. This trait was defined as the number of days between the first positive palpation and the death or culling of the doe; it represents the ability to delay involuntary culling. A total of 4,141 longevity records were obtained from September 2008 to January 2011 and were analysed with the Survival kit 6.0 using a fixed effects Cox proportional hazard model. The model incorporated time-dependent factors, such as Farm-year-season, number born alive, order of positive palpation and physiological status of the female; as well as the time-independent factor of the genetic type of the doe. Lines A and H have a similar ability to avoid risk factors and they both are more sensitive to these factors than lines V and L. The differences between crosses and its reciprocal were generally not significant. The estimated heterotic effects, average of crossbreds minus average of purebreds, showed the importance of using crossbreds between specialized lines to produce the does for intensive meat rabbit production, as the risk associated to purebreds is higher than that to crossbreds.

Key words: Maternal lines, diallel cross, Longevity, Survival analysis.

Introducción

La organización de los programas de mejora genética en conejo de carne es de tipo piramidal; en la cúspide de dicha pirámide se encuentran los núcleos de selección, tanto de las líneas maternas como paternas. Desde aquí la difusión del progreso genético obtenido en los núcleos se realiza mediante diferentes esquemas de cruzamientos que, además de la propia difusión, van a permitir multiplicar la población mejorada por selección, aprovechar efectos heteróticos que aparecen en los animales cruzados y disipar la consanguinidad acumulada durante el proceso de selección en los núcleos. El cruce a tres vías es el más extendido en cunicultura de carne. Dos líneas maternas se emplean para producir hembras cruzadas, que servirán de madres en las granjas comerciales, y que luego se aparearán con un macho de una línea paternal para obtener el producto comercial. En el programa de mejora genética de la Universidad Politécnica de Valencia existen cuatro líneas maternas de conejo (A, V, H y LP) y aunque actualmente todas ellas se seleccionan por el tamaño de camada al destete, su fundación fue muy diversa y atendió a distintos criterios. La capacidad reproductiva actual de estas líneas es alta y relativamente similar y se pueden considerar como líneas potencialmente competitivas para producir hembras cruzadas (Ragab y Baselga, 2011).

La longevidad funcional en conejos se ha definido como el tiempo en días entre la primera palpación positiva y la muerte o sacrificio por razones no productivas del animal (Sánchez et al., 2004). Éste es un carácter importante debido a que la alta tasa anual de reposición que se da en cunicultura de carne (120%: Ramon y Rafel, 2002), no responde a criterios de eliminación voluntaria por parte del cunicultor, sino que éste se ve forzado a eliminar a las reproductoras porque éstas enferman o directamente mueren. Los problemas asociados a la naturaleza de esta elevada tasa de reposición son numerosos; señalamos los más relevantes: no amortización del total de los costes de cría o compra de reproductoras jóvenes; la producción se sustenta en animales inmaduros que son sensiblemente menos productivos; y en general, los animales antes de morir o eliminarse pasan por periodos de enfermedad que limitan su producción.

Esta carácter tiene una heredabilidad de baja a moderada (Piles et al., 2006b; Sánchez et al., 2008) e igualmente se han observado variaciones genéticas entre líneas (Piles et al., 2006b). Por lo que no sólo sería posible aprovechar la variación genética entre líneas para optimizar los cruzamientos que actualmente se llevan a cabo sino que también sería factible implementar programas de selección intra-línea.

El objetivo de este estudio es determinar las diferencias en cuanto a longevidad funcional entre los distintos tipos genéticos de un cruce dialélico completo entre las cuatro líneas maternas del programa de mejora genética de la UPV.

Material y métodos

Los datos de este estudio proceden de animales de cuatro líneas maternas (A, V, H y LP) y sus cruces recíprocos que son los que forman la población experimental de un estudio dialélico completo que empezó en Septiembre 2008 y aún continúa. Después de su fundación todas las líneas han sido seleccionadas para tamaño de camada al destete y en el momento del inicio de la experiencia los procesos de selección se encontraban en las generaciones 41, 37, 18 y 5 para las líneas A, V, H y LP (se utiliza en el texto como L), respectivamente. Este experimento se está desarrollando en cuatro granjas, y el total de animales considerados en este estudio (4.141) se distribuye entre ellas de la siguiente manera: 802 en Rioseco de Tapia (León) (LE), 924 en Altura (Castellón) (CA), 1.229 en Sant Carles de la Rápita (Tarragona) (TA) y 1.198 en UPV (Valencia) (UPV). Los manejos son diferentes entre las granjas; CA y LE organizan lotes de inseminación cada 42 días, mientras que UPV y TA hacen lotes de cubrición cada semana. A pesar de esto en todos los casos las hembras se inseminan/montan aproximadamente 12 días después del parto y en todas las granjas, igualmente, se realiza un test de gestación a los 12 días de la cubrición/inseminación, mediante palpación abdominal. El destete tiene lugar a los 28 días de edad de los gazapos. En todas las explotaciones los animales se alimentaron con pienso comercial estándar.

Para analizar los datos se utilizó el programa Survival kit 6.0 (Ducrocq et al., 2010) y en particular el módulo que implementa el modelo de Cox de riesgos proporcionales. Este fue el modelo que se utilizó:

$$h_i(t|x_i(t)) = h_0(t) * \exp\{NV_i(t) + L_j + GAE_k(t) + OPP(t) + EF_m(t)\}$$

Donde, $h_i(t|x_i(t))$ es el riesgo de muerte asociado al animal i , afectado por las covariables indicadas en el vector $x_i(t)$, en tiempo t ; $h_0(t)$ es la función del riesgo base; NV_i es el efecto de número de nacidos vivos en cada parto; L_j

es el efecto de los distintos tipos genéticos considerados; $GAE_k(t)$ es el efecto de la combinación Granja-Año-Estación; OPP_i es el efecto de las sucesivas palpación positivas que la hembra tiene y EF_m es el efecto de los distintos estados fisiológicos por los que la hembra pasa (gestante/lactante/vacía/gestante & lactante).

Para alcanzar el objetivo de este trabajo, a partir de las estimas de los efectos de los distintos grupos genéticos, se realizaron una serie de contrastes lineales para determinar distintos aspectos de las diferencias observadas entre los tipos genéticos considerados. I) Las diferencias entre cada dos líneas que se utilizaron para producir los animales cruzados. II) Las diferencias entre los cruces recíprocos para determinar si una línea es preferible utilizarla como madre o padre de las cruzadas. III) La diferencia entre el promedio de los cruzados y el de las líneas de las que éstos proceden, para determinar si se aprecia una mayor longevidad en los primeros, como sería de esperar como consecuencia de la heterosis.

Resultados y discusión

Del total de animales analizados, 1.289 (31,04%) fueron censurados: continuaban vivos o se eliminaron por cuestiones de manejo, y para ellos su vida media fue de 344 días. El grupo de animales no censurados tuvo una vida media de 180 días.

En la Tabla 1 se muestran las diferencias entre las estimas de riesgo para los 6 contrastes entre las líneas involucradas en el experimento. En estos contrastes de riesgo las diferencias representan la vulnerabilidad o resistencia de los animales a los distintos factores que pueden determinar su muerte o eliminación, por lo tanto son inversamente proporcionales a las diferencias en longevidad.

TABLA 1. *Contrastes entre las líneas para el riesgo.*

Grupo	Contraste \pm SE	χ^2	P valor
AA vs VV	0,28 \pm 0,08	11,81	0,001
AA vs HH	-0,11 \pm 0,12	0,76	0,385
AA vs LL	0,18 \pm 0,08	5,51	0,019
VV vs HH	-0,38 \pm 0,10	15,74	0,000
VV vs LL	-0,09 \pm 0,08	1,29	0,257
HH vs LL	0,30 \pm 0,12	5,95	0,015

χ^2 : Chi-Cuadrado

Claramente la línea A tiene una menor capacidad para superar los distintos factores de riesgo a que se pueda exponer, ya que las diferencias entre las estimas de riesgo de esta línea con las de la V y la L son mayores y claramente significativas. Lo mismo ocurre para la línea H, mientras que entre las líneas V y L no se aprecian diferencias en el riesgo. Piles et al. (2006a) observaron diferencias entre los efectos genéticos directos de las líneas A y V de una magnitud muy similar a la obtenida en este estudio (0,29), que en su caso no fue significativa. Respecto a las diferencias entre la línea V y L, Sánchez et al. (2008) encontraron un ligero menor riesgo asociado a la línea L, y estas diferencias se establecían fundamentalmente al final de la vida productiva de los animales.

La Tabla 2 muestra las diferencias entre las estimas del riesgo asociadas a los cruces recíprocos. Únicamente son significativos los contrastes entre los cruces AL y LA a favor de LA y entre VH y HV a favor de HV. Para el primer ca-

TABLA 2. *Contrastes entre cruces recíprocos para el riesgo.*

Grupo	Contraste \pm SE	χ^2	P valor
AV vs VA	0,09 \pm 0,15	0,33	0,564
AH vs HA	-0,24 \pm 0,14	2,66	0,103
AL vs LA	0,33 \pm 0,15	4,89	0,027
VH vs HV	0,29 \pm 0,14	4,48	0,034
VL vs LV	0,08 \pm 0,16	0,24	0,623
HL vs LH	0,14 \pm 0,15	0,84	0,360

χ^2 : Chi-Cuadrado

TABLA 3. Contrastes entre cruzados frente a las líneas para el riesgo..

Grupo	Contraste±SE	X ²	P valor
AV+VA vs AA+VV	-0,26±0,11	5,39	0,015
AH+HA vs AA+HH	-0,22±0,12	3,45	0,063
AL+LA vs AA+LL	-0,17±0,12	2,16	0,142
VH+HV vs VV+HH	-0,22±0,11	4,29	0,038
VL+LV vs VV+LL	-0,31±0,11	8,48	0,004
HL+LH vs HH+LL	-0,39±0,12	10,82	0,001

X²: Chi-Cuadrado

so, cuando la línea L actúa como madre el riesgo de eliminación o muerte fue 1,39 (exp(0,33)) veces mayor que cuando lo hace como padre. Un valor similar (1,33) de relación de riesgo es el que se obtiene en el cruce entre la línea V y H cuando la línea H es la que actúa como madre, frente a que lo haga como padre.

Los contrastes entre el promedio de los cruzados y el de las líneas de las que éstos proceden se muestran en la Tabla 3. Se aprecia que en general, como cabría esperar, los cruces tienen asociado un menor riesgo y por tanto una mayor longevidad funcional que las líneas de las que éstos proceden. Estas diferencias fueron significativas para todos los cruces salvo entre los de las líneas A y H y entre los de las líneas A y LP.

Estos resultados reflejan la gran variabilidad en tolerancia a factores de riesgo que se observan entre los distintos grupos genéticos considerados en este experimento y son de interés para el sector cunícola pues permiten identificar los tipos genéticos más apropiados para tratar de reducir la elevada tasa de reposición que a día de hoy se da en cunicultura. En este sentido los animales cruzados procedentes de las líneas V y LP serían los más recomendables.

Bibliografía

- Ducrocq V., Sölkner J., Mészáros G. 2010. Survival Kit v6 - A software package for survival analysis. En: 9th World Congress on Genetics to Livestock Production, August 1-6, 2010, Leipzig, Germany.
- Piles M., Sánchez J.P., Orengo J., Rafel O., Ramon J., Baselga M. 2006a. Crossbreeding parameter estimation for functional longevity in rabbits using survival analysis methodology. *J. Anim. Sci.*, 84:58-62.
- Piles M., Garreau H., Rafel O., Larzul C., Ramon J., Ducrocq V. 2006b. Survival analysis in two lines of rabbits selected for reproductive traits. *J. Anim. Sci.*, 84:1658-1665.
- Ragab M., Baselga M. 2011. A comparison of reproductive traits of four maternal lines of rabbits selected for litter size at weaning and founded on different criteria. *Livest. Sci.*, 136:201-206.
- Ramon J., Rafel O. 2002. 1991-2000. Diez años de gestión global en España. En: Expoaviga 2002, X Jornada Cunícola, Barcelona (2002), pp. 113-117.
- Sánchez J.P., Baselga M., Peiró R., Silvestre M.A. 2004. Analysis of factors influencing longevity of rabbit does. *Livest. Sci.*, 90:227-234.
- Sánchez J.P., Theilgaard P., Mínguez C., Baselga M. 2008. Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *J. Anim. Sci.*, 86:515-525.

Origen genético de la coneja, condiciones ambientales de lactancia y supervivencia de gazapos en el cebadero

Doe genetic origin, environmental conditions during lactation and kit survival during the fattening period

Savietto D.¹, Ródenas L.¹, Martínez-Paredes E.¹, Martínez-Vallespín B.¹, García-Diego F.J.², Fernández C.¹, Pascual J.J.¹, Blas E.¹, Cervera C.*

¹Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

²Dpto de Física Aplicada, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España

*Dirección de contacto: cservera@dca.upv.es

Resumen

El efecto del origen genético, de la temperatura ambiental y pienso empleados durante la lactación sobre la tasa mortalidad total a lo largo del período de engorde (28 a 60 días de edad) se evaluó sobre un total de 3.765 gazapos. Se utilizó un diseño factorial 3×3: origen genético [LP (línea constituida por criterios longevo productivos); V16 (generación 16 de la línea V, seleccionada por tamaño de camada al destete) y V36 (generación 36 de la línea V)]; ambiente en lactación [i) alojamiento en cámara climática a 25-36°C y pienso C con 11,7 MJ energía digestible/kg materia seca, ii) alojamiento en nave convencional a 9-23°C y pienso C y iii) alojamiento en nave convencional y pienso F con 9 MJ energía digestible/kg materia seca. El ambiente en lactación, tanto la temperatura como el pienso consumido, fueron los factores controlados que más afectaron a la supervivencia durante la fase de engorde. La tasa de mortalidad registrada para los gazapos que pasaron su lactación bajo condiciones de estrés térmico fue superior a la observada para aquellos que vinieron de alojamiento convencional (24 y 16%, respectivamente; P<0,001). Respecto al pienso C, la utilización del pienso F en lactación redujo la mortalidad durante la fase de engorde (16 y 9,5%, respectivamente; P<0,001). En cuanto al origen genético, la mortalidad en cebo de las camadas LP fue significativamente menor a la observada para V16, mostrando la V36 valores intermedios (15,2, 18,7 y 17,7%, respectivamente).

Palabras clave: Conejos, mortalidad, origen genético, estrés-térmico, energía del pienso.

Abstract

A total of 3,765 growing rabbits were used to evaluate the effect of the genetic origin and the environmental temperature and diet used during lactation on the mortality rate registered during the fattening period (28 to 60 d of age). A factorial design 3×3 was used: genetic origin [LP (line constituted by productive longevity criteria); V16 (16th generation of line V, selected for litter size at weaning) and V36 (36th generation of line V)]; lactation environment [i) housing in climatic chamber at 25-36°C and diet C with 11.7 MJ digestible energy/kg dry matter, ii) housing in conventional room at 9-23°C and diet C and iii) conventional room and diet F with 9 MJ digestible energy/kg dry matter]. The lactation temperature and diet were the main controlled factors affecting the mortality rate during the growing period. Mortality for growing rabbits housed under heat stress conditions during the lactation was higher to that recorded for conventional housing (24 and 16%, respectively; P<0.001). Respect to the C diet, the use of the F diet during lactation also reduced the mortality during the fattening (16 and 9.5%, respectively; P<0.001). With regard genetic origin, LP litters showed a significant lower mortality than those from the V16, having V36 intermediate values (15.2, 18.7 and 17.7%, respectively).

Key words: Growing rabbits, mortality, genetic origin, heat stress, diet energy.

Introducción

En un contexto libre de enteropatía, Fortun-Lamothe y Gidenne (2000) consideraron el peso vivo de los gazapos al destete como factor condicionante de la supervivencia en el cebadero, asociando mayor disponibilidad de leche con menor mortalidad. Del mismo modo, también con buenas condiciones sanitarias, Debray et al. (2002) relacionan el consumo de leche con la viabilidad de los gazapos. Sin embargo estos mismos autores ya percibieron que la utilización de un bajo ratio de almidón/fibra en el pienso de las madres favorecía la reducción de la morbilidad post-destete de los gazapos.

Bajo un enfoque más amplio, Quevedo et al. (2003) identificaron el pienso de lactación, la madre y su edad (número de parto) como los factores más relacionados con la mortalidad de los gazapos de engorde, con un elevado efecto de la madre sobre la mortalidad observada durante el cebo, ya que el 50% de ésta se relacionó con las camadas procedentes de sólo un 22% de las conejas.

En un contexto de enteropatía, Quevedo et al. (2006) observaron que gazapos de menor potencial de crecimiento y que tuvieron un destete menos brusco presentaron una mortalidad y un índice de riesgo sanitario inferior en el periodo de engorde, con un claro efecto de la madre y del pienso consumido durante la lactación.

Estos resultados describen a la madre y el microambiente que comparte con su camada como importantes factores a la hora de definir la salud del gazapo. Theilgaard et al. (2006) describieron un aumento en el riesgo de eliminación de las reproductoras en dos condiciones, cuando dedicaban gran parte de sus recursos a la reproducción y cuando los acumulaban, de forma que un desvío excesivo de los niveles de reservas disponibles alteraría la capacidad del animal para afrontar desafíos. Así, Theilgaard et al. (2007) observaron como una línea fundada bajo criterios de longevidad productiva (línea LP) mantuvo su nivel productivo en condiciones de estrés térmico y restricción alimentaria mejor que una línea seleccionada por tamaño de camada al destete (línea V). Así, Theilgaard et al. (2009) atribuyen una mayor flexibilidad en la gestión de los recursos bajo distintos ritmos reproductivos a los animales de la línea LP que a los de la línea V. Todo ello, parece indicar que el origen genético materno y su interacción con el ambiente, podría afectar al estado sanitario de la madre y de sus gazapos.

En este contexto, en el presente trabajo se utilizaron dos líneas genéticas y dos generaciones de selección en una de ellas para estudiar el efecto del estrés térmico y de la restricción alimentaria (asociada al incremento de fibra y reducción de energía digestible del pienso) durante la lactación sobre la supervivencia de los gazapos durante el engorde.

Material y Métodos

En un total de 3765 gazapos fueron controlados durante el período de engorde (28-60 días de edad). Se utilizó un diseño factorial 3×3 (origen genético×ambiente en lactación). Se utilizaron tres tipos de animales, la línea LP fundada por criterios de longevidad productiva, y las generaciones 16 y 36 de la línea V (V16 y V36) seleccionada por tamaño de camada al destete, ambas de la UPV (Sánchez et al., 2008; Estany et al., 1989).

Durante la lactación se emplearon dos piensos. El pienso C formulado para conejas lactantes [120 g proteína digestible (PD), 11,7 MJ de energía digestible (ED) por kg de materia seca (MS) y 170 g de fibra ácido detergente (FAD) por kg de MS], y el pienso F [105 g PD, 9 MJ de ED por kg MS y 270 g de FAD por kg de MS]. Respecto al ambiente en lactación, los gazapos destetados procedían de 3 condiciones: Grupo CC (alojamiento cámara climática a 25-36°C y pienso C), Grupo NC (alojamiento en nave convencional a 9-23°C y pienso C) y Grupo NF (nave convencional y pienso F).

La cámara climática disponía de un sistema de calefacción/refrigeración que permitió programar la temperatura ambiental siguiendo una curva senoidal de temperatura diaria, con una mínima de 25°C en la madrugada y una máxima de 36°C por la tarde, manteniéndose por encima de los 28°C durante tres cuartas partes del día. Por otra parte, en la nave convencional las temperaturas mínimas registradas variaron entre 9 y 19°C, con un valor medio de 14±2,8°C, y las temperaturas máximas variaron entre 10 y 23°C, con un valor medio de 20±4,3°C, estando dentro del rango de confort térmico para conejas reproductoras.

Durante el periodo de cebo todos los animales se alojaron en un ambiente de confort térmico y fueron alimentados con el mismo pienso comercial (15,5% de proteína bruta; 16% de fibra bruta; 3% de grasa bruta; 8% de cenizas) y medicado con 29 ppm de estreptomycin, 29 ppm de lincomycin, 117 ppm de neomicina y 40 ppm de tiamulina, excepto en la última semana del periodo de cebo.

Se controlaron el peso al destete y la mortalidad durante el cebo. Para el análisis de los resultados se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS/STAT guide, 2009). El peso al destete fue analizado mediante el procedimiento GLM, mientras que la mortalidad durante el cebo fue analizada mediante el procedimiento GENMOD. El modelo estadístico utilizado fue: $y_{ij} = \mu + G_i + A_j + G_i \times A_j + \varepsilon_{ij}$ siendo: G – genética (LP; V16; V36); A – ambiente (CC – calor y pienso control; NC – neutro y pienso control; NF – neutro y pienso fibroso).

Resultados y discusión

El peso al destete de los gazapos fue afectado por la temperatura y la dieta de lactación, así como por el tipo genético (Tabla 1). En comparación con el ambiente NC, tanto el estrés por calor (CC) como la utilización del pienso fibroso (NF) afectaron negativamente al peso al destete (-74 y -51 g, respectivamente, $P < 0,001$); estos mismos efectos fueron observados por Fernández-Carmona et al. (2003) y Quevedo et al. (2006) al utilizar piensos fibrosos y/o alojamiento bajo estrés térmico.

Los gazapos de madres LP presentaron un peso al destete superior a los de madres V (+26 g, $P < 0,001$), pero no se observaron diferencias entre las generaciones 16 y 36 de la línea V; el mayor peso al destete de gazapos de la línea LP frente a la línea V ya había sido observado con anterioridad por Theilgaard et al. (2007), con diferencias que se mantuvieron hasta el 6º ciclo reproductivo.

Por otro lado, la tasa de mortalidad durante el engorde varió principalmente con la temperatura y la dieta de lactación, con menor influencia del origen genético (Tabla 1). En comparación con la registrada en los gazapos provenientes del ambiente NC, la mortalidad aumentó (+8%, $P < 0,001$) para los gazapos CC, que pasaron su lactación bajo condiciones de estrés por calor, y disminuyó (-6,5%, $P < 0,001$) cuando durante la misma se utilizó el pienso fibroso (grupo NF). En un contexto de enteropatía, e independientemente del peso de los gazapos al destete, la utilización de un pienso fibroso durante la lactación redujo la mortalidad observada durante la fase de cebo (16 y 9,5% para las camadas de los grupos NC y NF, respectivamente; $P < 0,05$). A este respecto Blas y Gidenne (2010), que han revisado recientemente los efectos positivos del aumento de los niveles de fibra en sustitución al almidón sobre la mortalidad en cebadero, añaden que este mismo beneficio podría ser extendido a gazapos del pre-destete. Por otra parte, si a esto sumamos una lactación bajo condiciones de estrés térmico, que puede afectar al desarrollo de los gazapos tanto a nivel fisiológico como a nivel inmunitario, como se ha visto en otras especies (Morrow-Tesch et al., 1994), la mortalidad del cebo se vio aumentada hasta el 24% para el grupo CC. Cabe resaltar que durante las dos primeras semanas de cebo no se observaron diferencias de mortalidad entre las camadas procedentes de ambos ambientes (semana 1: 4,6 vs. 5,0%, y semana 2: 6,5 vs. 5,2%, para las camadas CC y NC, respectivamente).

TABLA 1. Peso al destete (28 días) y tasa de mortalidad de gazapos durante el cebadero (28-60 días) según el origen genético y las condiciones ambientales (temperatura y pienso) durante la lactancia.

Origen genético	Ambiente en lactación ¹	n	Peso destete (g)		Mortalidad (%)
			medias	s.e.	
LP	CC	426	413,9 ^{bc}	8,6	22,0 ^a
	NC	422	477,6 ^e	9,3	15,4 ^b
	NF	452	428,0 ^{cd}	9,0	7,7 ^c
V16	CC	447	378,9 ^a	8,7	23,7 ^a
	NC	412	452,9 ^{de}	9,9	18,0 ^b
	NF	350	411,3 ^{bc}	10,6	11,9 ^d
V36	CC	458	377,2 ^a	9,2	26,0 ^a
	NC	367	462,6 ^e	9,9	14,7 ^b
	NF	431	400,6 ^{ab}	9,3	9,3 ^{cd}
P-valor	Origen genético		0,0004		0,0930
	Ambiente		0,0001		0,0001

¹ Ambiente en lactación (temperatura y dieta durante la lactación): CC, Cámara climática² y pienso C³; NC, nave convencional² y pienso F³; NF, nave convencional y pienso F.

² Cámara climática, curva senoidal entre 25 y 36°C; Nave convencional, mínima y máximas medias: 14 y 20°C.

³ Pienso C: 120 g proteína digestible (PD), 11,7 MJ de energía digestible (ED) por kg de materia seca (MS) y 170 g de fibra ácido detergente (ADF) por kg de MS. Pienso F: 105 g PD, 9 MJ de ED por kg MS y 270 g de ADF por kg de MS.

^{abcde} Medias en una misma columna no compartiendo superíndice difieren significativamente a $P < 0,05$.

En cuanto al efecto del origen genético, aunque no se observaron diferencias significativas entre las camadas LP y V36 (-1,6%, $P=0,295$), sí hubieron entre las LP y las V16 (-3,4%, $P=0,029$). Por otra parte, los valores de mortalidad fueron en general más bajos para las camadas procedentes de la línea LP respecto a las de la línea V bajo condiciones de desafío ambiental (-2,4%; $P=0,049$). De este modo, serían necesarios más estudios para evaluar el posible efecto de la mayor robustez presentada por la línea LP (Theilgaard et al., 2007 y 2009) sobre la posterior salud de los gazapos durante el periodo de engorde.

Así pues, la viabilidad de los gazapos durante el período de engorde se vio afectada por el ambiente que compartieron con la madre durante la lactancia. De este modo, la reducción del estrés térmico durante la lactación y la utilización de piensos pre-destete fibrosos favorecerían la supervivencia durante el engorde. En cuanto al origen genético, éste parece afectar la viabilidad de los gazapos durante el cebo, sin embargo otros estudios complementarios son necesarios para elucidar este efecto.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado con la financiación del Ministerio de Educación y Ciencia a través del proyecto AGL2008-03274.

Bibliografía

- Blas E., Gidenne T. 2010. Digestion of sugar and starch. In: De Blas, C. and Wiseman J. *Nutrition of the rabbit*. 2nd ed. Wallingford, UK, pp. 19-38.
- Debray L., Fortun-Lamothe L., Gidenne T. 2002. Influence of low dietary starch/fibre ratio around weaning on intake behaviour, performance and health status of young and rabbit does. *Anim. Res.* 51:63-75.
- Estany J., Baselga M., Blasco A., Camacho J. 1989. Mixed model methodology for the estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits. *Livest Prod. Sci.* 21:67-75.
- Fernández-Carmona J., Alqedra I., Cervera C., Moya J., Pascual J.J. 2003. Effect of lucerne-based diets on performance of reproductive rabbit does at two temperatures. *Anim. Sci.*, 76:283-295.
- 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.*, 49:517-529.
- Morrow-Tesch J.L., McGlone J.J., Salak-Johnson J.L. 1994. Heat and social stress effects on pig immune measures. *J. Anim. Sci.*, 72:2599-2609.
- Quevedo F., Pascual J.J., Blas E., Cervera C. 2003. Influencia de la madre sobre el crecimiento y la mortalidad de los gazapos en cebo. En: XXVIII Symposium de Cunicultura. Alcañiz (Teruel), España, pp. 115-122.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J. 2006. Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does 2. Lactation and growing period. *Anim. Sci.*, 82:751-762.
- Sánchez J.P., Theilgaard P., Mínguez C., Baselga M. 2008. Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *J. Anim. Sci.*, 86:515-525.
- Theilgaard P., Sánchez J.P., Pascual J.J., Friggens N.C., Baselga M. 2006. Effect of body fatness and selection for prolificacy on survival of rabbit does assessed using a cryopreserved control population. *Livest. Sci.*, 103:65-73.
- Theilgaard P., Sánchez J.P., Pascual J.J., Berg P., Friggens N.C., Baselga M. 2007. Late reproductive senescence in a rabbit line hyper selected for reproductive longevity, and its association with body reserves. *Genet. Selec. Evol.*, 39:207-223.
- Theilgaard P., Baselga M., Blas E., Friggens N. C., Cervera C., Pascual. J.J. 2009. Differences in productive robustness in rabbits selected for reproductive longevity or litter size. *Anim. Sci.*, 3:637-646.

ETOLOGÍA

- **Agresividad en conejas reproductoras en función de la edad. Implicaciones en la mezcla de animales**

Olivas I., Villagrà A.

- **Efecto del tipo de jaula sobre el comportamiento de conejas reproductoras en distintos estados fisiológicos**

Alfonso C., Martín E., Esteban M., De Blas C., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I.

- **Reducción de los tiempos de observación en la evaluación del comportamiento de conejas en producción.**

Análisis metodológico

Alfonso C., Martín E., De Blas C., García-Ruiz A.I., García-Rebollar P.



Agresividad en conejas reproductoras en función de la edad. Implicaciones en la mezcla de animales

Aggressiveness in breeding does depending on age. Implications in animal mixing

Olivas I.*, Villagrà A.

Centro de Investigación y Tecnología Animal (CITA)-IVIA, Polígono de la Esperanza nº100, 12400 Segorbe (Castellón), España

*Dirección de contacto: olivas_ire@gva.es

Resumen

La agresividad puede convertirse en un problema en los alojamientos de hembras en grupo puesto que parece aumentar con la edad y podría suponer un problema en el momento en que se mezclen animales. Por otra parte, los animales alojados en una misma sala podrían reconocerse por el olor, y la familiaridad podría resultar en un comportamiento diferente al esperado al formar los grupos. En este estudio se pretende determinar, mediante la realización de un test de residente-intruso, la edad a la cual la agresión entre hembras alojadas individualmente alcanza los niveles más altos y la influencia que puede tener la procedencia del intruso en la intensidad de la agresión. Setenta y cuatro conejas fueron utilizadas en este estudio actuando treinta y dos como residentes, dieciséis como intrusos procedentes de la misma sala y las dieciséis restantes como intrusos procedentes de otra sala. De cada cruce se registró el inicio de los diferentes comportamientos agresivos observados obteniendo la latencia al primer comportamiento agresivo y la latencia a una pelea que provocara la interrupción del test. La edad tuvo un efecto claro sobre la latencia a la primera agresión y sobre la latencia a pelea grave de modo que a partir de la pubertad estas latencias se vieron ampliamente reducidas y, por tanto, incrementado el nivel de agresividad. La procedencia del intruso únicamente tuvo efecto sobre la latencia a pelea grave, siendo esta inferior cuando éste procedía de la misma sala que el residente ($P < 0,0001$). Estos resultados tienen implicaciones en la mezcla de animales sugiriendo que ésta debería hacerse lo antes posible de modo que las tendencias agresivas fueran mínimas. Por otra parte podría resultar útil mezclar animales procedentes de diferentes salas aunque este supuesto debe ser corroborado en futuros estudios.

Palabras clave: Agresividad, conejos, edad, residente-intruso.

Abstract

Aggression can become a problem in group housing breeding rabbits as it increases with age and it would probably appear when mixing is carried out. On the other hand, animals housed in the same barn could identify their odor and this familiarity could lead to changes in behaviour. The aim of this study is to determine through a resident-intruder test, the age in which aggression reaches the highest level as well as the influence of the origin of the intruder rabbit. Seventy four does were used in this study. Thirty two does were tested as resident and the rest were tested as intruders. The intruders came from two different origins: sixteen intruders came from cages inside the same experimental room and sixteen came from an adjacent room. For each confrontation the time at which each behavior started was recorded obtaining the latency to the first aggression as well as the latency to a fight which led to stop the test. Age had a clear effect on latency to the first aggressive behavior and on latency to a strong fight so from puberty latencies decreased. The latency to a strong fight was lower when intruders came from the same room ($P < 0.0001$). Intruder's origin did not have effect on latency to the first aggression. According to these results animal mixing should be carried out as soon as it possible in order to minimize aggressiveness. On the other hand, mixing animals coming from different barns could reduce aggressiveness but this assumption requires further studies.

Key words: Aggressiveness, rabbit, age, resident-intruder.

Introducción

Los conejos adultos se caracterizan por ser marcadamente territoriales, al menos cuando se crían en grupo, y cuando un conejo se introduce en un alojamiento que es permanentemente ocupado por otro animal se produce una lucha por la dominancia (Dudzinski et al., 1977). También es posible, dada la territorialidad mostrada por los conejos, así como la marcada tendencia a formar jerarquías (Farabollini et al., 1991), que animales alojados individualmente se comporten de manera agresiva cuando son desafiados por la presencia de un intruso.

Por otra parte, los conejos salvajes son altamente sociales y se considera que tanto los reproductores como los conejos de engorde deberían criarse en grupo (Trocino y Xiccató, 2006). Sin embargo, uno de los mayores retos a los que se enfrenta este tipo de alojamientos es la posible aparición de problemas de agresividad al mezclar animales (Rommers et al., 2006) y en consecuencia, problemas de productividad y bienestar. Puesto que la agresividad aumenta con la edad (Prinz et al., 2008) el momento en que se realice la mezcla de animales puede resultar crucial y debe ser estudiado en detalle.

Además, el reconocimiento individual entre animales constituye la base del comportamiento territorial y en la mayoría de los mamíferos el olfato es el sentido dominante (Wyatt, 2003 en Brennan, 2006). En base a esto es posible que animales que conviven en una misma sala se reconozcan por el olor y el comportamiento entre éstos sea diferente del que se produce entre animales alojados en alojamientos diferentes.

El test Residente-Intruso se ha utilizado frecuentemente para evaluar la agresividad fundamentalmente en roedores y cerdos (e.g. Erhard y Mendl, 1997; D'Eath y Lawrence, 2004) y Farabollini et al. (1991) descubrió que podía resultar una herramienta útil para evaluar la agresividad en grupos de hembras.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es determinar, mediante la realización de un test de residente-intruso, la evolución de la agresividad con la edad y la influencia que puede tener la procedencia del intruso en la intensidad de la agresión.

Material y métodos

En este experimento se utilizaron 74 hembras nulíparas (90 días de edad) de la línea A de la Universidad Politécnica de Valencia (Baselga, 2002). El estudio se llevó a cabo en una granja experimental situada en Segorbe (Castellón) y las dimensiones de las jaulas eran 40cmx90cmx35cm.

El test Residente-Intruso se llevó a cabo en las jaulas de los animales que iban a actuar como residentes. La mitad de los animales (32 hembras) constituyeron el grupo de residentes y la otra mitad el de intrusos. Para evitar familiaridad nunca se enfrentaban más de una vez dos oponentes ni tampoco se hicieron cruces entre animales de la misma camada ni entre animales de jaulas contiguas. La mitad de los intrusos (16 hembras) procedían de la misma sala en la que estaban alojados los residentes mientras que la otra mitad procedía de una sala adyacente. Los cruces entre animales se realizaron una vez por semana durante 14 semanas en diferente orden cada día para evitar un efecto de la hora del día en el comportamiento. El intruso se sacaba de su jaula y era introducido en la del residente, registrándose la hora en la que comenzaba el test y la temperatura ambiental al inicio. Desde el momento en que se introducía al intruso en la jaula se registraban los comportamientos que se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1. *Comportamientos registrados en el test residente-intruso y su descripción (extraídos de Farabollini et al., 1991.)*

Comportamiento	Descripción
Amenaza	- Orienta la cabeza bruscamente hacia el contrincante con los ojos medio cerrados y la boca entreabierta
Ataque	- Corre bruscamente hacia el contrincante va seguido de otros comportamientos agresivos
Persecución	- Corre detrás del contrincante que huye
Mordisco	- Clava los dientes en el contrincante
Pelea	- Lucha recíproca con mordiscos y patas repetidas tanto con las extremidades delanteras como con las traseras

En todos los cruces se registró la latencia al primer ataque (tiempo transcurrido desde el inicio del test hasta que se produce el comportamiento). Los tests se interrumpían si se producía un ataque o una pelea de duración igual o superior a 10 segundos (“pelea grave”) y si no se producía este tipo de ataque la duración del test era de 30 minutos. Los datos obtenidos fueron analizados mediante el programa SAS® 9.1.3 (SAS, 2009). La latencia a la primera agresión se analizó mediante un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM, previa transformación logarítmica de los datos. La latencia a pelea grave se analizó mediante un procedimiento Glimmix asumiendo una distribución de Poisson.

Resultados y discusión

Únicamente la edad tuvo un efecto significativo sobre la latencia a la primera agresión ($P=0,0001$) mientras que la procedencia del intruso no tuvo influencia sobre este parámetro ($P=0,9141$). Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 1 en la que también se muestra la ecuación de regresión potencial ajustada que modeliza el comportamiento en estudio.

En cuanto a la latencia a la pelea grave tanto la edad al cruce como la procedencia del intruso tuvieron efectos significativos ($P=0,0001$ en ambos casos). Los resultados se muestran en las Figuras 2 y 3. En este caso, los datos se podrían modelizar mediante una regresión polinomial cuya ecuación se presenta en la Figura 2.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la edad parece tener un efecto claro en los niveles de agresión. Atendiendo a las modelizaciones en las Figuras 1 y 2, la latencia a ambos comportamientos considerados se reduce en más de un 50% a partir del día 130. Desde ese momento la disminución en la latencia de ataque se atenuaría. En conejos de líneas de formato medio como la empleada en este estudio, la pubertad se alcanza en torno a los 120 días de edad. Así, los resultados obtenidos confirman que el comportamiento agresivo en conejos domésticos aparece al comienzo de la pubertad como ya habían apuntado otros autores (Bigler y Oester, 2003 o Reiter 1994 en Hoy y Shchu, 2004). Por otra parte, parece ser que la agresividad entre animales de la misma sala es más elevada ya que las peleas graves se producen más rápidamente que entre animales alojados en diferentes salas. Este resultado indica que, contra lo que cabría esperar, el hecho de compartir alojamiento no favorece una reducción

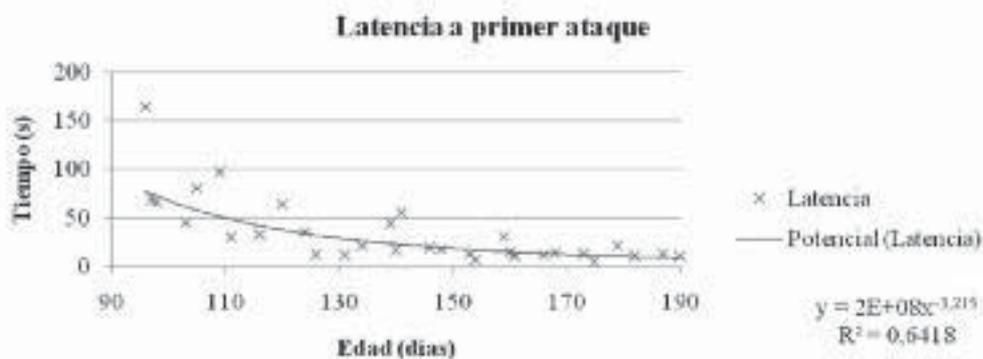


FIGURA 1. Evolución de la latencia a la primera agresión con la edad.

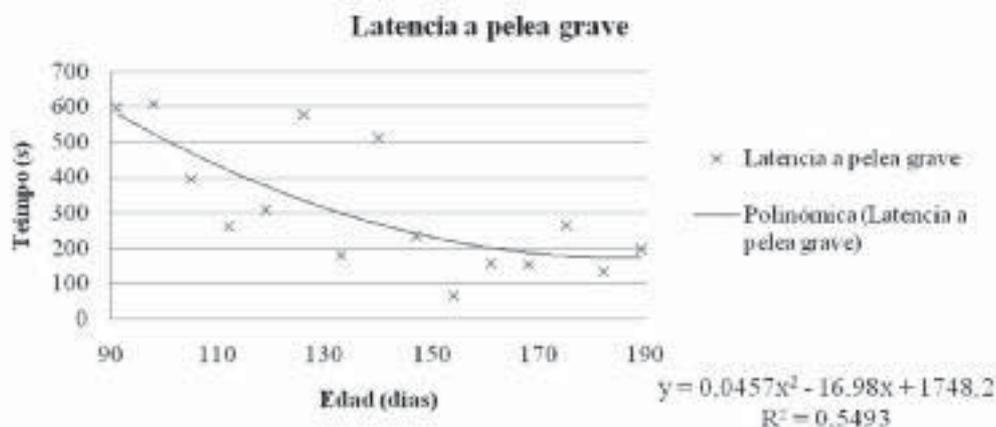


FIGURA 2. Evolución de la latencia a pelea grave con la edad.

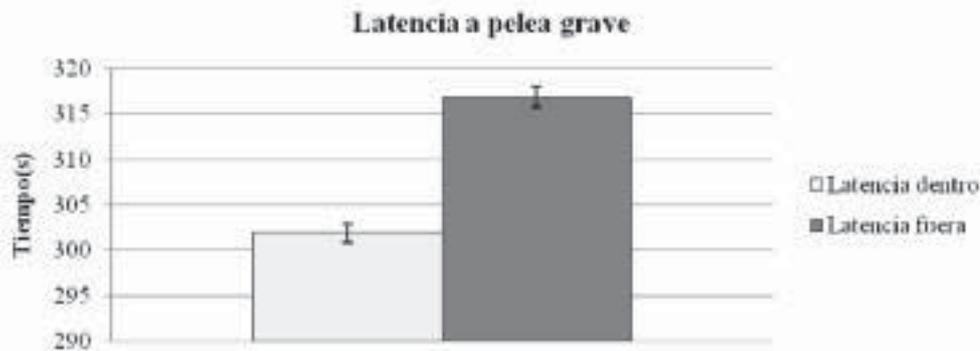


FIGURA 3. Valores medios de la latencia a pelea fuerte en función de la procedencia del intruso.

en la agresividad a causa de cierta familiaridad asociada al olor. Sin embargo, dado que este efecto no se manifiesta en la latencia al primer comportamiento agresivo sería necesario realizar futuros análisis estudiando no sólo las latencias sino también otros factores como las frecuencias de cada comportamiento agresivo.

No se tiene conocimiento de que se hayan realizado estudios que aborden de manera sistemática el desarrollo o la persistencia de la agresión en conejas reproductoras y los factores que afectan los niveles de agresión son aún desconocidos (Chu et al., 2004). Por este motivo y dado que la agresividad podría ser uno de los mayores problemas en el alojamiento en grupo de conejas reproductoras, los resultados obtenidos en este estudio podrían ser una primera aproximación y dar una valiosa información en lo que se refiere a la mezcla de animales. Así, convendría formar los futuros grupos de conejas de cría lo antes posible de modo que en el momento en el que se establezca la jerarquía los niveles de agresividad sean mínimos y por tanto las agresiones entre animales se reduzcan al máximo. En este sentido, el grupo de trabajo por el refinamiento de las asociaciones BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW (1993) recomendaba para animales en laboratorio establecer los grupos sociales cuando los animales fueran jóvenes, argumentando que cuanto menor sea la edad de mezcla, menor será la probabilidad de que se produzcan comportamientos agresivos. En el caso de las conejas en granja lo más razonable podría ser tratar de unificar grupos al empezar la recria, y podría ser conveniente a la hora de crear grupos, mezclar animales procedentes de diferentes salas en lugar de hembras que convivan en una misma nave. Sin embargo es necesario realizar nuevos estudios para confirmar este supuesto.

Bibliografía

- Baselga M. 2002. Rabbit genetic resources in Mediterranean countries: Line A, Line V, Line H and Line R. *Options Méditerranéennes*, 38:221-252
- Brennan P.A., Zufall F. 2006. Pheromonal communication in vertebrates. *Nature*, 444: 308-315.
- BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement. 1993. Refinement in rabbit husbandry. *Lab. Anim.*, 27:301-329.
- Chu L., Garner J.P., Mench J.A. 2004. A behavioral comparison of New Zealand White rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) housed individually or in pairs in conventional laboratory cages. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 85:121-139.
- D'Eath R.B., Lawrence A.B. 2004. Early life predictors of development of aggressive behavior in the domestic pig. *Anim. Behav.*, 67:501-509.
- Dudzinski M.L., Mykytovicz R., Gambale S. 1977. Behavioural characteristics of adolescence in young captive European rabbits, *Oryctolagus cuniculus*. *Aggressive Behavior*, 3:313-330.
- Erhard H.W., Mendl M. 1997. Measuring aggressiveness in growing pigs in a resident-intruder situation. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 54:123-136.
- Farabollini F., Albonetti M.E., Dessì-Fulgheri F. 1991. Response to intruders in female colonies is related to sex of intruder and rank of residents. *Behav. Process.*, 24:11-122.
- Hoy S.T., Shchu D. 2004. Sociometric investigations in groups of wild and domestic rabbits with one buck and two or three does. En: *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, September 7-10, Pueblo, Mexico*. 1235-1240.
- Princz Z., Dalle Zotte A., Radnai I., Bíró-Németh E., Matics Z., Gerencsér Z., Nagy I., Szendro Z. 2008. Behaviour of growing rabbits under various housing conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 111:342-356.
- Rommers J.M., Boiti C., De Jong I., Brecchia G. 2006. Performance and behaviour of rabbit does in a group-housing system with natural mating or artificial insemination. *Reprod. Nutr. Develop.*, 46:677-687.
- Trocino A., Xiccato G. 2006. Animal welfare in reared rabbits: a review with emphasis on housing systems. *World Rabbit Sci.*, 14:77-93.

Efecto del tipo de jaula sobre el comportamiento de conejas reproductoras en distintos estados fisiológicos

Effect of type of cage on rabbit does behaviour at different physiological states

Alfonso C.¹, Martín E.¹, Esteban M.¹, De Blas C.², García-Rebollar P.², García-Ruiz A.I.¹

¹ Nutreco Poultry and Rabbit Research Centre, Casarrubios del Monte, Toledo, España

² Dpt. Producción Animal, UPM, Madrid, España

*Dirección de contacto: c.alfonso@nutreco.com

Resumen

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto del tipo de jaula (convencional vs. enriquecida) y el estado fisiológico de las conejas (gestación vs. lactación) sobre su comportamiento. Se realizaron grabaciones de 12 conejas multíparas durante 24 h en dos momentos distintos. Los comportamientos observados se clasificaron en tres grupos independientes (localización, locomoción y acciones). Se observó una predominancia clara por el uso del reposapiés (principalmente en la fase de lactación), pero este tiempo disminuyó significativamente en jaulas enriquecidas debido al uso de la plataforma (67,1 vs. 48,2%; $P < 0,05$). Las conejas permanecieron tumbadas y sentadas el 78,4 y 20,7% del día, respectivamente, sin tener efecto ni el tipo de jaula ni el estado fisiológico. Las conejas se ponían de pie únicamente para comer u oler las heces retenidas sobre la plataforma. Las conejas se mostraron más nerviosas en la fase de lactación tratando de huir de los gazapos, siendo esta huida exitosa cuando las conejas tenían la posibilidad de utilizar la plataforma. Las conejas gestantes estuvieron significativamente más tiempo que las lactantes acicalándose, mordiendo barrotes e interactuando con las vecinas ($P < 0,01$; 0,05 y 0,05, respectivamente). Las conejas lactantes dedicaron más tiempo a beber ($P < 0,05$) que las gestantes. De este trabajo se desprende que el aumento del espacio disponible con la colocación de una plataforma elevada podría ser una buena alternativa para la mejora del bienestar de las conejas, sobre todo en la fase final de la lactación, aunque la retención de heces sobre la plataforma y las deyecciones pueden ocasionar problemas de higiene.

Palabras clave: Conejas, comportamiento, tipo de jaula, plataforma, estado fisiológico, bienestar.

Abstract

The aim of this trial was to study the effect of type of cage (conventional vs. enriched) on rabbit does behaviour in different physiological state (pregnancy vs. lactation). Video recordings of 12 does during 24 h at two different moments were performed. The observed behaviours were classified into three independent categories (location, locomotion and actions). A clear predominance using foot mats (mainly in lactation phase) was observed, but this time was significantly lower in enriched cages due to the platform use (67.1 vs. 48.2%; $P < 0.05$). No significant effect of type of neither cage nor physiological state on time does were lying down and sitting were found (78.4 and 20.7% of day, respectively). The standing behaviour was observed in pregnant does, being performed only to eat or smell retained faeces on the platform. In lactation phase, does were more nervous trying to flee off kids, being it possible when the platform was available. Pregnant does spent more time than lactating does on grooming, biting bars and interacting with neighbours ($P < 0.01$; 0.05 and 0.05, respectively). Lactating does spent more time drinking than pregnant does. The results of this trial show that an increase of available space with a raised platform may be a good alternative to improve does welfare, especially at the end of the lactation phase, although the retention of droppings on platform may cause health problems.

Key words: Rabbit doe, behaviour, type of cage, platform, physiological state, welfare.

Introducción

Desde 1996, el Comité Permanente para la Protección de Animales Domésticos está intentando redactar una serie de recomendaciones específicas sobre el bienestar del conejo doméstico. En la Opinión e Informe Científico elaborado por el Grupo de Trabajo de expertos en Salud y Bienestar Animal de la EFSA, se mencionó una falta de información en varios aspectos para la elaboración de dichas recomendaciones. Una de las propuestas para mejorar el bienestar en conejos es el aumento de las dimensiones de las jaulas, y la introducción de elementos enriquecedores como las plataformas elevadas. Éste es uno de los aspectos técnicos que más preocupa a los productores, por lo que estudios que analicen la mejora del bienestar en este tipo de alojamientos son claves para el desarrollo de recomendaciones basadas en datos científicos. A través de la observación del comportamiento, se puede conocer y valorar la falta de bienestar y el estado de estrés al que están sometidos los animales. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tipo de jaula (convencional vs. enriquecida con plataforma) y del estado fisiológico de la coneja (gestación vs. lactación) sobre su comportamiento.

Material y métodos

Se utilizaron un total de 12 conejas multíparas reproductoras híbridas de Neozelandés Blanco x Californiano a lo largo de un ciclo reproductivo de 56 días. La prueba se realizó en el centro experimental Poultry and Rabbit Research Centre del grupo Nutreco S.A. en Casarrubios del Monte (Toledo). Todos los animales fueron alojados en la misma sala con luz natural. La mitad de las conejas fueron alojadas individualmente en jaulas polivalentes convencionales (385 mm x 995 mm x 300 mm), y la otra mitad en jaulas polivalentes enriquecidas con una plataforma (381 mm x 310 mm) elevada a 400 mm del suelo de la jaula. Todas las jaulas contaban con un comedero individual, un bebedero de tetina y un reposapiés de plástico. La temperatura de la sala se mantuvo entre 22 y 23°C.

Los comportamientos fueron grabados a través de cámaras infrarrojas. Todos los animales fueron grabados simultáneamente 24 h al día en dos periodos distintos en función del estado fisiológico de la coneja (final de lactación y final gestación). Los comportamientos estudiados se clasificaron en tres grupos (localización, locomoción y acciones) y comprendieron las siguientes observaciones:

Localización: Tiempo que las conejas permanecieron sobre el *reposapiés* o el *suelo enrejillado*, y en jaulas enriquecidas también sobre la *plataforma*.

Locomoción: control del tiempo que las conejas pasan *sentadas*, *tumbadas*, *levantadas* y *revolviéndose* (moviéndose con giros rápidos).

Acciones: Se contemplaron los siguientes comportamientos:

- De primera necesidad: *comiendo*, *bebiendo*, *acicalándose* y practicando *cecotrofia* (esta última en muchos casos fue imposible diferenciarla del acicalamiento).
- *Relaciones sociales* con conejas *vecinas* y con sus *gazapos* (oler o lamer), *dar de mamar* u *olfatear*.
- Actividades consideradas estereotipias tales como *escarbar*, *huir de gazapos* y *roer* barrotes o comederos.
- El resto del tiempo se consideró "*sin actividad*".

Los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza utilizando el procedimiento lineal (GLM) del paquete estadístico SAS (SAS, 2001) con el tipo de jaula, el estado fisiológico y su interacción como efectos principales.

Resultados y discusión

El efecto del tipo de jaula y del estado fisiológico sobre el tiempo que las conejas pasaron realizando los distintos comportamientos durante 24 h se presenta en la Tabla 1.

LOCALIZACIÓN

La mayor parte del tiempo las conejas estuvieron sobre el *reposapiés* (57,6% del día), y posteriormente, sobre el *suelo enrejillado* (30,9% del día). Esto sugiere una mayor comodidad y bienestar de las conejas sobre este tipo de protecciones. Rossell y de la Fuente (2004) mostraron una relación positiva entre el uso de *reposapiés* y el bienestar animal, encontrando una reducción significativa ($P < 0,001$) de la prevalencia del mal de patas en granjas donde se utilizaban *reposapiés*. Cuando se observaron a las conejas alojadas en las jaulas enriquecidas, el uso de la plataforma (23,0% del día) hizo disminuir el tiempo de permanencia sobre el *suelo* o el *reposapiés* en función

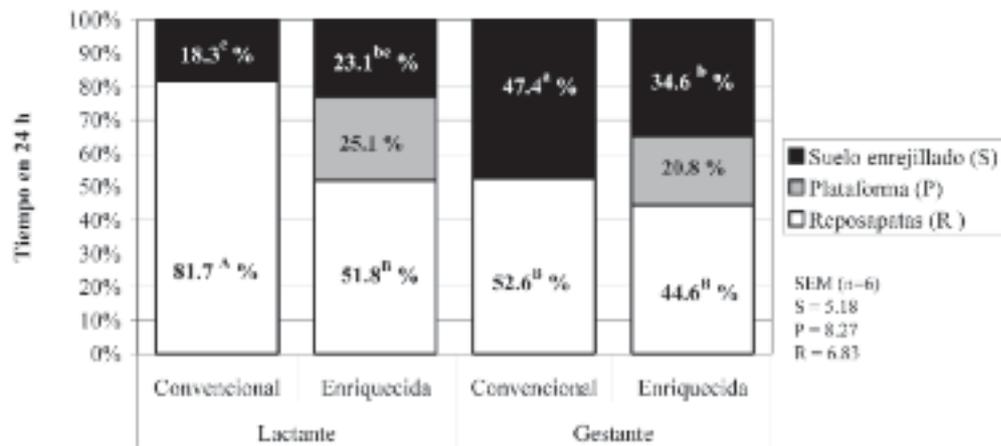


FIGURA 1. Efecto del tipo de jaula y el estado fisiológico sobre el tiempo que las conejas permanecieron en las distintas localizaciones durante 24 h.

TABLA 1. Efecto del tipo de jaula y el estado fisiológico sobre el tiempo que las conejas permanecieron en las distintas localizaciones, posiciones o acciones durante 24 h.

Localización (s/día)	Tipo de jaula (I)		Estado fisiológico (EF)		J	P-valor EF	J*EF	SEM (n=12)
	C ¹	E ¹	L ¹	G ¹				
Suelo enrejillado	28414	24929	17897	35446	0,446	0,001	0,106	3167
Reposapatras	57984	41632	57658	41957	0,020	0,024	0,141	4171
Plataforma ²	/ ³	19835	21677	17992	/	0,723	/	7146
Posición (s/día)								
Tumbada	67230	68235	68654	66811	0,437	0,161	0,694	895
Sentada	19059	17868	17560	19367	0,383	0,191	0,856	944
Levantada ²	/	221	0	442	/	/	/	299
Revolviéndose	108	71	180	0	0,356	/	/	27
Acciones (s/día)								
Descansar	67339	69060	69330	67069	0,195	0,093	0,516	906
Acicalarse+Cecotrofia	8205	7490	6133	9565	0,474	0,002	0,984	695
Comer	7944	7073	8135	6882	0,254	0,107	0,933	525
Beber	1630	1223	1733	1119	0,122	0,024	0,197	178
Escarbar	350	262	0	612	0,843	/	/	309
Roer barotes/comedero	242	860	153	948	0,086	0,031	0,203	242
Mamar ³	608	226	417	/	0,213	/	/	203
Huir de gazapos ³	217	143	180	/	0,356	/	/	54
Interaccionar-gazapos ³	177	182	180	/	0,963	/	/	75
Interaccionar-vecinas	143	67	25	185	0,273	0,028	0,122	48
Olisquear ²	40	44	68	17	0,904	0,128	0,423	23

¹ C: Convencional; E: Enriquecida; L: Lactante; G: Gestante.

² Solo se consideraron conejas alojadas en jaulas enriquecidas (n=6)

³ Solo se consideraron conejas lactantes (n=6)

⁴ Varianzas no homogéneas. Valores estadísticos de la transformación logarítmica.

⁵ Localización, posición o acción no estudiada.

del estado fisiológico (Figura 1). Así, por un lado, en conejas lactantes se redujo el tiempo de permanencia sobre el reposapatras, y en gestantes se redujo el tiempo sobre el suelo enrejillado. No se encontraron diferencias del estado fisiológico sobre el tiempo que las conejas permanecieron sobre la plataforma. Sin embargo, otros autores (Mirabito et al., 1999) observaron variaciones en el uso de la plataforma de un 35 a un 20% del tiempo en función del momento de lactación de la coneja. El estado fisiológico afectó al tiempo que las conejas permanecieron sobre el suelo enrejillado o el reposapatras ($P < 0,01$ y $P < 0,05$, respectivamente). Estas diferencias solo se observaron en conejas alojadas en jaulas convencionales, donde las conejas lactantes permanecieron durante más tiempo sobre el reposapatras y consecuentemente menos sobre el suelo enrejillado que las conejas gestantes (Figura 1).

LOCOMOCIÓN

Ni el tipo de jaula y ni el estado fisiológico afectaron significativamente a las actividades locomotoras estudiadas en este grupo. La mayor parte del tiempo las conejas estuvieron tumbadas (78,4% del día), y el resto del tiempo, principalmente sentadas (20,7% del día). Las conejas permanecieron levantadas durante una media de 442 s/día pero esta postura únicamente se observó en la fase de gestación y en las jaulas enriquecidas puesto que la altura de las jaulas convencionales no es suficiente para manifestar esta postura. Cabe destacar que los animales que adoptaban esta postura, lo hacían únicamente con el objetivo de oler o comerse las heces retenidas sobre la plataforma y no para observar o “cotillear” a su alrededor. Las conejas se “revolvían” únicamente en la fase de lactación, ya que siempre fue provocado al intentar huir de los gazapos que querían mamar. Aunque el efecto del tipo de jaula no fue significativo para este comportamiento, las conejas alojadas en jaulas enriquecidas utilizaban la plataforma como vía de escape en estos casos.

ACCIONES

Las conejas estuvieron descansando, sin realizar ninguna actividad, el 78,9% del día. El resto del tiempo estuvieron realizando distintas actividades como comer, beber, acicalarse (cecotrofia), (8,7; 1,7 y 9,0% del día); relacionándose con vecinas, con gazapos, dando de mamar u olisqueando, (0,1; 0,2; 0,5 y 0,05%, del día). También mostraron otro tipo de comportamientos que podrían considerarse estereotipias (relacionadas con un alto nivel de estrés) como, escarbar, huir de los gazapos o roer barrotes o comederos (0,4; 0,2 y 0,2% del día). La acción de morder barrotes, también podría considerarse como una forma de entretenimiento o incluso una necesidad ya que los dientes incisivos de los conejos crecen continuamente y han de ser desgastados comiendo y royendo materiales duros. El tipo de jaula no afectó a los tiempos invertidos en las distintas acciones de este grupo, sin embargo, sí afectó el estado fisiológico en el que se encontraron las conejas. Las conejas lactantes estuvieron más tiempo sin realizar ninguna actividad que las gestantes (80,2 vs 77,6%; $P < 0,1$) ya que, la aproximación de la fecha del parto aumentó actividades como el acicalamiento (11,0 vs 6,9%; $P < 0,01$). Por otra parte, debido a la ausencia de gazapos, las conejas gestantes estuvieron más aburridas y por ello mordieron durante más tiempo los barrotes e intentaron relacionarse con conejas vecinas con mayor frecuencia (948 vs 153 s/día y 185 vs 25 s/día; $P < 0,05$, respectivamente). Esto podría justificar en cierta manera la necesidad de elementos enriquecedores para el entretenimiento de las madres durante esta fase. Con la presencia de gazapos, se observó un aumento significativo del tiempo dedicado al consumo de agua en conejas lactantes debido a un incremento de las necesidades para la producción de leche (1,3 vs 2,0%; $P < 0,05$).

Bibliografía

- Mirabito L., Buthon L, Cialdi G., Galliot P., Souchet C. 1999. *Effect du logement des lapines en cages r hauss es avec plate-forme: Premiers résultat. In: 8 mes Journées de la Recherche Cunicole. 9-10/06/1999, p 67-70. ITAVI Ed., Paris.*
- Rosell, J.M., De La Fuente L.F. 2004. *Health status of domestic rabbits in the Iberian Peninsula. Influence of their origin. In: Proceedings 8th World Rabbit Congress. Becerril, C.M. and Pro, A. (Eds) Puebla (Mexico). pp 371-377.*
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT  User’s Guide (Release 8.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.*

Reducción de los tiempos de observación en la evaluación del comportamiento de conejas en producción. Análisis metodológico

Evaluation of different sampling techniques to reduce the total observation time required to assess rabbit does behaviour. Methodological analysis

Alfonso C.¹, Martín E.¹, De Blas C.², García-Ruiz A.I.¹, García-Rebollar P.²

¹Nutreco Poultry and Rabbit Research Centre, Casarrubios del Monte, Toledo, España

²Departamento Producción Animal, UPM, Madrid, España

*Dirección de contacto: c.alfonso@nutreco.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes técnicas de muestreo que redujeran el tiempo total de observación necesario para estimar el comportamiento de conejas alojadas en dos tipos de jaulas (convencionales vs. enriquecidas) y en dos estados fisiológicos distintos (gestantes vs. lactantes). Para ello, se compararon grabaciones completas de 24 h (método control de referencia) con estimaciones obtenidas a partir de grabaciones de diferente duración y frecuencia (métodos regular corto y regular largo y métodos irregulares de 6h y de 8h). A partir de los resultados obtenidos se observa que los métodos regulares se ajustaron mejor al método de referencia de 24h que los irregulares. Desde un punto de vista práctico el método regular corto sería el ideal, al reducir considerablemente el número total de horas de observación y análisis.

Palabras clave: Conejas, técnicas de muestreo del comportamiento.

Abstract

The aim of this study was to evaluate different sampling techniques to reduce the total observation time required to assess the behaviour of rabbit does housed in two types of cages (conventional vs. enriched) and at two different physiological states (pregnant vs. lactating). Continuous recordings of 24 h were considered as the control method to validate the other sampling techniques, with recordings of different duration and frequency (regular short and long methods and irregular 6h and 8h methods). Results showed that the regular methods lead to better estimates of rabbit does behaviour than the irregular ones. From a practical point of view, the regular short method would be the most adequate, as the total number of hours of observation and analyses are considerably reduced.

Key words: Rabbit does, techniques of behavioural sampling.

Introducción

El bienestar animal puede ser medido a través de parámetros fisiológicos, sanitarios, productivos y cada vez con mayor frecuencia, a través del análisis del comportamiento. Con los estudios de comportamiento se puede conocer y valorar el nivel de estrés al que están sometidos los animales en función de la frecuencia y aparición de estereotipias. Actualmente existen técnicas de observación con infrarrojos que permiten visualizar a los animales durante las 24 h, sin necesidad de molestarlos y por tanto sin afectar su comportamiento. El elevado número de horas de observación para el análisis del comportamiento, hace que, en muchos casos, sea necesario diseñar métodos de observación simplificados. En función de la frecuencia y duración de los comportamientos a analizar son varios los autores (Altmann, 1974; Arnold-Meeks y McGlone, 1986; Martin y Bateson, 1993; Lehner, 1996) que proponen la aplicación de métodos simplificados en otras especies. En conejos de granja, este tipo de técnicas pese a ser utilizadas con frecuencia no han sido aún validadas. Este hecho es importante ya que, observaciones de-

masiado cortas o con frecuencias muy grandes, podrían no ser válidas al no proporcionar estimaciones fehacientes a lo largo del tiempo. Además, en conejos las grabaciones durante el periodo de oscuridad son de gran importancia, debido su mayor actividad en este periodo del día. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes técnicas de muestreo que redujeran el tiempo total de observación necesario para evaluar el comportamiento de conejas alojadas en dos tipos de jaulas (convencionales vs. enriquecidas) y en dos estados fisiológicos distintos (gestantes vs. lactantes).

Material y métodos

Se utilizaron un total de 12 conejas multíparas reproductoras híbridas de Neozelandés Blanco x Californiano a lo largo de un ciclo reproductivo de 56 días. La prueba se realizó en el centro experimental Poultry and Rabbit Research Centre del grupo Nutreco S.A. en Casarrubios del Monte (Toledo). Todos los animales fueron alojados en la misma sala con luz natural. La mitad de las conejas fueron alojadas individualmente en jaulas polivalentes convencionales (385 mm x 995 mm x 300 mm), y la otra mitad en jaulas polivalentes enriquecidas con una plataforma (381 mm x 310 mm) elevada a 400 mm del suelo de la jaula. Todas las jaulas contaban con un comedero individual, un bebedero de tetina y un reposapiés de plástico. La temperatura de la sala se mantuvo entre 22 y 23°C.

Los comportamientos fueron grabados a través de cámaras infrarrojas y se clasificaron en tres grupos (localización, locomoción y acciones). Todos los animales fueron grabados simultáneamente 24 h al día en dos periodos distintos en función del estado fisiológico de la coneja (final de lactación y final de gestación). De las grabaciones obtenidas durante 24 h continuas (método de referencia), se realizaron cortes de diferentes frecuencias y duraciones, con el fin de reducir el número total de horas de observación. Estos métodos simplificados de observación se diseñaron siguiendo dos patrones diferentes: mediante cortes regulares a lo largo del día pero con distinta frecuencia y duración o mediante cortes irregulares, con más observaciones en el periodo de mayor actividad (periodo de oscuridad). Los detalles de los métodos propuestos se definen a continuación:

- **Método “regular-corto” (RC):** Grabaciones de los 2 primeros minutos de cada periodo de 20 (*tiempo total de grabación: 2 horas y 24 minutos / día*).
- **Método “regular-largo” (RL):** Grabaciones de las 2 primeras horas de cada periodo de 6 (*tiempo total de grabación: 8 horas / día*).
- **Método “irregular 6” (I6):** Grabaciones de una hora, dos veces por la mañana (de 8:00 a 19:00 h) y cuatro por la noche (de 20:00 a 7:00 h) (*tiempo total de grabación: 6 horas / día*).
- **Método “irregular 8” (I8):** Grabaciones de una hora, dos veces por la mañana (de 8:00 a 19:00 h) y seis por la noche (de 20:00 a 7:00 h) (*tiempo total de grabación: 8 horas / día*).

Los resultados obtenidos mediante los métodos simplificados se extrapolaron al total de 24 h con el fin de compararlos con el método de referencia.

Los resultados medios obtenidos en los dos periodos estudiados en cada coneja fueron analizados mediante un modelo en el que se incluyeron como efectos fijos el método de observación y las interacciones del método con el tipo de jaula y el estado fisiológico de las conejas (lactación o gestación) y la coneja como efecto aleatorio. Para ello se realizó un análisis de varianza utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, 2001).

Resultados y discusión

El efecto de los tratamientos sobre las estimas de los tiempos empleados en cada uno de los comportamientos estudiados, respecto al método de referencia de 24 horas continuas se muestra en la Tabla 1.

Los resultados obtenidos para la localización del animal en el interior de la jaula (*plataforma, reposapiés y suelo*) muestran que cualquiera de los métodos reducidos estudiados podría ser válido para analizar este grupo de actividades al no obtenerse diferencias significativas al compararlos con el método de referencia ($P > 0,05$).

Para las actividades englobadas en “Locomoción” (*levantada, tumbada y sentada*), se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la posición de tumbada y sentada pero sólo con los métodos irregulares. Este efecto fue independiente del tipo de jaula pero dependiente del estado fisiológico del animal. En conejas gestantes, los dos métodos irregulares I6 e I8 estimaron tiempos estadísticamente distintos a los tiempos del método de referencia: 73,4 ($P < 0,0001$) y 74,4 ($P < 0,001$) vs. 77,3% respectivamente para el comportamiento *tumbada*; 26,3 ($P < 0,0001$) y 25,2 ($P < 0,001$) vs. 22,4% para el comportamiento *sentada*.



TABLA 1. Efecto del método reducido de observación y las interacciones del método con el estado fisiológico (EF) de la coneja y el tipo de jaula sobre las estimas de los tiempos empleados (% del día) en cada comportamiento analizado respecto al método de referencia de 24h continuas.

Localización		Referencia	R-C	R-L	I6	I8	SEM	P		
								Método	Método*EF	Método*jaula
Plataforma	Media	23,0	23,0	22,3	23,0	23,0	5,81	NS	NS	/
Reposapiatas	Media	57,6	58,4	57,7	57,2	58,7	3,65	NS	NS	NS
Suelo	Media	30,9	30,1	31,2	30,8	31,6	2,83	NS	NS	NS
Locomoción										
Tumbaria	Media	78,4	79,3	77,5	76,9*	77,5	0,99	**	***	NS
	Constante	77,3	78,9	76,2	73,2***	74,4**	1,40	***		
Sentada	Media	21,4	20,4	22,1	22,8*	22,2	1,03	**	***	NS
	Constante	23,4	20,7	23,4	26,3***	25,2**	1,45	***		
Levantada	Media	0,51	0,84	0,79	0,65	0,77	0,65	NS	/	/
Acciones										
Descansar	Media	78,9	79,6	77,7	77,7	77,9	1,01	*	***	NS
	Constante	77,6	79,0	76,2	73,9***	74,5**	1,41	***		
Acicalarse	Media	9,09	9,30	9,71	10,0	10,2	0,79	NS	***	NS
	Constante	11,1	10,9	12,0	13,3**	13,6**	1,12	**		
Beber	Media	1,65	1,32	1,88	1,75	1,81	0,32	*	NS	NS
Comer	Media	8,69	7,94	8,65	8,35	8,35	0,50	NS	*	NS
	Constante	7,97	6,66**	7,96	8,29	8,05	0,68	*		
Olfatear	Media	0,05	0,03	0,07	0,10	0,06	0,03	NS	NS	NS
Amamantar	Lactante	0,48	0,27	0,73	0,61	0,44	0,33	NS	/	NS
Interacc. gazapos	Lactante	0,21	0,33	0,24	0,15	0,22	0,09	NS	/	NS
Interacc. compañeras	Media	0,12	0,14	0,13	0,13	0,12	0,05	NS	NS	NS
Morder barrotes	Media	0,64	0,77	0,61	0,91	0,73	0,21	NS	*	NS
	Constante	1,10	1,40	0,99	1,59*	1,29	0,30	*		
Escarbar	Media	0,71	0,91	0,74	1,06	0,71	0,60	NS	/	NS
Huir de los gazapos	Lactante	0,21	0,09	0,30	0,24	0,22	0,09	NS	/	NS

R-C: método regular corto; R-L: método regular largo; I6: Irregular 6h; I8: Irregular 8h.

Dentro del grupo de “acciones” el efecto del método fue independiente del tipo de jaula y según la variable estudiada dependiente del estado fisiológico en el que se encontraban las conejas. Así, para las acciones *descansar* y *acicalarse* en conejas gestantes, las estimas obtenidas con los métodos irregulares fueron distintas a las del método de referencia (*descansar*: 73,9 (P<0,0001) y 74,5 (P<0,001) vs. 77,6% para I6 e I8 vs. método de referencia, respectivamente; *acicalarse*: 13,3 (P<0,001) y 13,6 (P<0,001) vs. 11,1%). El método regular corto obtuvo estimas diferentes a las del método de referencia para la acción de *comer* en el caso de conejas gestantes (6,66 vs. 7,97%, P<0,001).

En observaciones menos frecuentes como *olfatear*, *amamantar*, *interaccionar con los gazapos o vecinas*, *morder barrotes*, *escarbar* y *huir de los gazapos*, la comparación de los distintos métodos con el de referencia sólo fue significativa para *morder barrotes* y en conejas gestantes, donde las estimas obtenidas con el método irregular I6 fueron superiores al método de referencia (1,59 vs. 1,10%; P<0,01).

A partir de los resultados obtenidos se podría concluir que los métodos regulares se ajustan mejor al método de referencia de 24h que los irregulares. De entre los dos métodos regulares, el método regular corto sería el ideal, al reducir considerablemente el número total de horas de observación y análisis. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en terneros en cebo por Mitlöchner et al. (2001) donde se obtuvieron estimaciones precisas con muestreos e intervalos cortos.

Bibliografía

- Altmann J. 1974. *Observational study of behavior: Sampling methods. Behaviour* 49:227–267.
- Arnold-Meeks C.A., McGlone J.J. 1986. *Validating techniques to sample behaviour of confined, young pigs. Appl. Anim. Behav. Sci.*, 16:149–155.
- Lehner P.N. 1996. *Handbook of Ethological Methods. Cambridge University Press, Cambridge, UK.*
- Martin P., Bateson P. 1993. *Measuring behaviour. Cambridge University Press, Cambridge, UK*
- Mitlöchner F.M., Morrow-Tesch J.L., Wilson S.C., Dailey J.W., McGlone J.J. 2001. *Behavioral sampling techniques for feedlot cattle. J. Anim. Sci.*, 79:1189–1193.
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT® User's Guide (Release 8.2). SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.*

REPRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN CORPORAL

- **Relación entre la composición química corporal, la fertilidad y la prolificidad en conejas primíparas**
Taghouti M., Macchiavelli R., García J., Demey J., Nicodemus N.
- **Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA)**
Saiz A., Nicodemus N., Abelleira D., Fernández A., García-Ruiz A.I.
- **Estima de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA)**
Saiz A., Nicodemus N., Abelleira D., Fernández A., García-Ruiz A.I.
- **Correlación entre metodologías de estimación de la composición corporal en conejas reproductoras**
Pereda N., Cardinali C., Castellini C., Lorenzo P.L., Rebollar P.G.
- **Composición corporal y datos productivos de conejas primíparas suplementadas con propilenglicol durante largos periodos de tiempo**
Sakr O.G., Crespo R., Velasco B., García-García R.M., Arias-Álvarez M., García-Rebollar P., Lorenzo P.L., Rebollar P.G.
- **Respuesta hipofisaria y ovulatoria de conejas sometidas a diferentes tratamientos de inducción a la ovulación**
Millán P., Villa A., Sakr O.G., Velasco B., Rebollar P.G.
- **Relación entre la producción de la coneja y los niveles plasmáticos de NEFA**
García M.L., Peiró R., Muelas R., Argente M.J.

Relación entre la composición química corporal, la fertilidad y la prolificidad en conejas primíparas

Relationship between chemical body composition, fertility and prolificacy in primiparous rabbit does

Taghouti M.¹, Macchiavelli R.², García J.¹, Demey J.³, Nicodemus N.^{*}

¹Dpto. de Producción Animal, E.T.S.I.A., Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España

²Universidad de Puerto Rico, Mayagüez., Puerto Rico

³Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela

^{*}Dirección de contacto: nuria.nicodemus@upm.es

Resumen

En este trabajo se ha estudiado el efecto de la composición química corporal, estimada mediante el método de impedancia bioeléctrica (BIA) en la primera y segunda inseminación artificial (IA), sobre la fertilidad y la prolificidad de conejas primíparas. Se utilizaron los datos de 137 conejas procedentes de dos granjas que utilizaban dos genéticas distintas (UPV e Hyplus) y tres ritmos reproductivos (R4: inseminación a los 4 días tras el parto y destete a los 28 días, R11: inseminación a los 11 días postparto y destete a 35 días y R14: inseminación a los 14 días tras el parto y destete a los 42 días). La fertilidad media observada en el segundo parto fue de un 56,2% y el porcentaje de nacidos vivos, sobre los nacidos totales, fue de un 87,5%, no encontrándose diferencias entre los ritmos utilizados. El aumento de la proporción de proteína corporal, grasa y energía en la primera IA tuvieron un efecto positivo ($P=0,007$; $P=0,03$ y $P<0,001$, respectivamente) sobre la fertilidad del segundo parto. Igualmente, un mayor contenido en grasa ($P<0,001$) y energía ($P<0,001$) en la segunda IA también incrementaron la fertilidad del segundo parto. El incremento del ratio proteína/energía corporal de las conejas, determinado en las dos IA, tuvo un efecto negativo sobre la fertilidad en el segundo parto ($P<0,001$), observándose mejores resultados en conejas con 12 g proteína/MJ respecto a otras con valores superiores. El porcentaje de nacidos vivos ($P<0,001$), sobre los nacidos totales, aumentó con la proporción de proteína de las conejas en el momento de la segunda IA, pero esta última no tuvo efecto sobre la fertilidad.

Palabras clave: Composición química corporal, impedancia bioeléctrica, fertilidad, prolificidad.

Abstract

This study evaluated the effect of chemical body composition at first and second artificial inseminations (AI), determined by bioelectric impedance technique (BIA), on fertility and prolificacy of primiparous rabbit does. Data of 137 does from two farms using two different genetics (UPV and Hyplus) and three breeding systems were analyzed. Fertility was 56.2 % and the percentage of kits born alive over total born was 87.5 %. Breeding system had no effect on fertility or the percentage of kits born alive. Higher body protein, fat and energy of the rabbit doe at first artificial insemination (AI) increased the fertility in the second parity ($P=0.007$, $P=0.03$ and $P<0.001$ respectively). Fat and energy content of the doe at the second AI affected positively fertility in the second parity ($P<0.001$ and $P<0.001$ respectively), while protein influenced positively only prolificacy ($P<0.001$). The increase of the ratio protein/energy in both AI moments had a negative influence on fertility in the second parity ($P<0.001$), rabbit does with 12 g protein/MJ showed a higher fertility than those with higher values.

Key words: Chemical body composition, bioelectric impedance, fertility, prolificacy.

Introducción

En los últimos años, han sido numerosos los trabajos en los que se han analizado los factores que influyen en la mejora de la eficacia reproductiva de las conejas primíparas. Entre ellos, han sido estudiados la influencia de la genética (Quevedo et al., 2006; Theilgaard et al., 2009), la alimentación (Pascual et al., 1999; Arias Álvarez et al., 2010), el estado fisiológico (Fortun-Lamothe y Prunier, 1999), el ritmo reproductivo (Castellini et al., 2003; Xiccato

et al., 2005; Rebollar et al., 2009) y la duración de la lactación (Xiccato et al., 2004; Sakr et al., 2010). También ha sido analizado el efecto que ejercen todos estos parámetros sobre la condición corporal de las conejas primíparas, bien de forma aislada, o con las interacciones producidas entre ellos (Pascual et al., 2002; Castellini et al., 2006; Fortun-Lamothe, 2006; Rebollar et al., 2011). Por otra parte, son pocos los trabajos en los que se ha estudiado el efecto directo que ejercen las reservas corporales sobre la productividad de las conejas primíparas. En este sentido, Theilgaard et al. (2006), mediante ecografía, relacionaron las variaciones del espesor de la grasa perirrenal, desde los 10 a los 21 d de lactación, con el riesgo de eliminación de las reproductoras, y Cardinali et al. (2008), el estado de reservas corporales estimado por palpación, con la fertilidad. Sin embargo, además de las reservas grasas del animal, hay otras variables, como la cantidad de proteína corporal, su evolución, y su relación con la energía, que pueden tener influencia sobre la eficacia reproductiva de las conejas primíparas, y que hasta el momento, no han sido estudiadas. Trabajos previos realizados en cerdas primíparas, indican la necesidad que tienen de depositar un mínimo de masa proteica corporal para poder optimizar su actividad reproductiva (Everts y Dekker, 1994). El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la composición química corporal de las conejas (proteína, grasa y energía) estimada mediante impedancia bioeléctrica (BIA), sobre la fertilidad y el porcentaje de nacidos vivos en el segundo parto de conejas reproductoras.

Material y métodos

Se utilizaron los datos de 137 conejas nulíparas procedentes de dos granjas que utilizaban animales con distinta genética (UPV e Hyplus). Las conejas se inseminaron por primera vez (IA1) a una edad media aproximada de 16 semanas con un peso medio de $3896g \pm 972$. Tras el primer parto, 37 conejas (UPV) fueron inseminadas 4 días después y los gazapos se destetaron a los 32 días de edad (R4), 59 (UPV e Hyplus) fueron inseminadas 11 días después del parto y los gazapos se destetaron a los 35 días (R11) y 41 conejas (UPV) se inseminaron a los 14 días tras el parto, efectuándose el destete 42 días después del parto (R14). En la segunda inseminación (IA2), todas las conejas fueron sincronizadas 48 horas antes de la inseminación artificial (IA) con 25 UI de eCG (gonadotropina coriónica equina; Segiran, Lab. Ovejero, León). La ovulación se indujo mediante una inyección intramuscular de 10 μ g de busserelina (Suprifact, Hoechst Marion Roussel, S.A., Madrid).

La composición corporal de las conejas (humedad, proteína, grasa, cenizas y energía) se estimó mediante las ecuaciones de regresión desarrolladas por Nicodemus et al. (2009) y Pereda (2010), a partir de los datos de impedancia bioeléctrica (BIA), el peso de la coneja y su estado fisiológico. Las medidas BIA se tomaron en la primera y segunda IA.

Para determinar la relación entre la composición corporal y la fertilidad y la prolificidad en el segundo parto, se utilizó una regresión logística mediante el procedimiento GENMOD del SAS utilizando una distribución binomial (McCullagh y Nelder, 1989; Agresti, 1990). El ritmo reproductivo fue introducido como un efecto fijo en los modelos utilizados y la composición química corporal (grasa, energía, proteína y la relación proteína/energía) como covariable. Para cada covariable que tuvo un efecto significativo se fijaron tres niveles, y a partir de los estimadores obtenidos, se calcularon los promedios esperados de la fertilidad y la prolificidad para cada nivel. La prolificidad se expresó como porcentaje de nacidos vivos sobre el total de nacidos.

Resultados y discusión

La fertilidad media observada en el primer y segundo parto fue de un 93,0 y un 56,2%, respectivamente. Este resultado refleja la particular situación de las conejas primíparas que suelen registrar tasas de fertilidad relativamente bajas debido al balance energético negativo que se produce durante la primera lactación (Parigi-Bini y Xiccato, 1998; Pascual et al., 2003; Fortun-Lamothe et al., 2006). La fertilidad promedio en cada uno de los ritmos utilizados fue del 54,0%, 50,8 % y 65,8%, para los ritmos R4, R11 y R14, respectivamente. No se encontraron diferencias significativas en la fertilidad del segundo parto entre los ritmos estudiados, probablemente debido a que todas las conejas fueron sincronizadas en el momento de la inseminación. Esto concuerda con los resultados de Rebollar et al. (2009), que utilizaron el control de la lactación como método de sincronización, y tampoco observaron efecto del ritmo reproductivo sobre la fertilidad en el segundo parto. Por el contrario, en otros trabajos en los que se ha encontrado efecto del ritmo reproductivo sobre la fertilidad, no se realizó sincronización alguna en el momento de la inseminación (Castellini et al., 2003; Xiccato et al., 2005).

La proporción de proteína corporal ($P < 0,001$), grasa ($P < 0,05$) y energía ($P < 0,001$) y el ratio proteína/energía ($P < 0,001$) que tuvieron las conejas en la IA1 afectaron a la fertilidad del segundo parto (Tabla 1). Se observó una mejora de la fertilidad con el incremento de proteína, de grasa y de energía, mejora que es lineal en la es-

TABLA 1. Efecto de la composición química de las conejas en la primera y segunda inseminación artificial (IA1 e IA2) sobre la fertilidad en el segundo parto.

	Covariable	Niveles	Fertilidad, %	P	N
IA1	Proteína, %	16	19,9	0,007	130
		17	44,5		
		18	72,0		
	Grasa, %	10	31,3	0,000	129
		15	30,4		
		20	69,5		
	Energía, kJ/100g	700	19,1	<0,001	129
		1000	46,8		
		1400	83,6		
	g proteína/MJ energía	12	78,1	<0,001	129
17		34,0			
30		6,10			
IA2	Grasa, %	10	23,2	<0,001	136
		15	33,7		
		20	80,0		
	Energía, kJ/100g	800	29,3	<0,001	136
		1100	38,4		
		1300	76,1		
	g proteína/MJ energía	12	73,1	<0,001	136
		17	38,0		
		30	17,0		

cala logit, pero no lo es cuando la escala se expresa en porcentaje. Por ello, se fijaron tres niveles de proteína, grasa y energía corporales para identificar la mejora de la fertilidad en función de los mismos. Por otra parte, el incremento del ratio proteína/energía en la IA1 se acompañó de una bajada de la fertilidad en el segundo parto.

En la IA2, se registró un efecto del contenido en grasa y energía ($P < 0,001$) de las conejas sobre la fertilidad del segundo parto, similar al que se observó en la IA1 (Tabla 1). Sin embargo, no se observó efecto de la proteína corporal. El ratio proteína/energía en la IA2 también tuvo un efecto negativo sobre la tasa de fertilidad del segundo parto ($P < 0,001$).

La composición corporal de las conejas en la IA1, aunque no influyó sobre la fertilidad del primer parto (Taghouti et al., 2011), tuvo efecto sobre la fertilidad en el segundo parto. Esto confirmaría la importancia que puede tener el manejo durante la recría de las conejas reproductoras para optimizar su condición corporal al empezar su vida reproductiva, con el fin de mantener una elevada fertilidad en los primeros ciclos productivos (Castellini et al., 2010).

El ratio del promedio de nacidos vivos/promedio nacidos totales en el segundo parto fue de un 87,5%, y se observó un efecto positivo del contenido proteico de la coneja en la IA2 sobre el mismo ($P < 0,001$; Tabla 2). Taghouti et al. (2011) también observaron que el porcentaje de nacidos vivos sobre el total de nacidos en el primer parto, aumentó con la proporción de proteína corporal de la coneja en el momento de su primera inseminación ($P = 0,043$).

TABLA 2. Efecto del contenido proteico de las conejas en la segunda inseminación artificial sobre el porcentaje de nacidos vivos en el segundo parto.

	Covariable	Niveles	Promedio %	P	N
IA2	Proteína, %	16	71,0	<0,001	83
		17	83,3		
		18	91,0		

Bibliografía

- Agresti, A. 1990. *Categorical data analysis*. John Wiley and sons Inc., New York.
- Arias-Alvarez M., García-García R.M., Rebollar P.G., Nicodemus N., Millán P., Revuelta L., Lorenzo P.L. 2010. Follicular, Oocyte and Embryo Features Related to Metabolic Status in Primiparous Lactating does Fed with High-Fibre Rearing Diets. *Reprod. Domest. Anim.*, 45:e91–e100.
- Cardinali R., Dal Bosco A., Bonanno A., Di Grigoli A., Rebollar P.G., Lorenzo P.L., Castellini C. 2008. Connection between body condition score, chemical characteristics of body and reproductive traits of rabbit does. *Livest. Sci.*, 116:209-215.
- Castellini C., Dal Bosco A., Mugnai C. 2003. Comparison of different reproduction protocols for rabbit does: effect of litter size and mating interval. *Livest. Prod. Sci.*, 83:131–139.
- Castellini C., Dal Bosco A., Arias-Álvarez M., Lorenzo P.L., Cardinali R., Rebollar P.G. 2010. The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: A review. *Anim. Reprod. Sci.*, 122:174-182.
- Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R. 2006. Long term effect of post-weaning rhythm on the body fat and performance of rabbit doe. *Reprod. Nutrit. Develop.*, 46:195–204.
- Everts H., Dekker R.A. 1994. Effect of nitrogen supply on the retention and excretion of nitrogen and on energy metabolism of pregnant sows. *Anim. Prod.*, 59:293-301.
- Fortun-Lamothe L., Prunier A. 1999. Effects of lactation, energetic deficit and remating on interval on reproductive performance of primiparous rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.*, 55:289-298.
- Fortun-Lamothe L. 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.*, 93:1-15.
- García M.L., Baselga M. 2002. Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits. *World Rabbit Sci.*, 10:71-76.
- McCullagh P., Nelder J.A. 1989. *Generalized linear models, second edition*, Chapman and Hall, New York.
- Nicodemus N., Pereda N., Romero C., Rebollar P.G. 2009. Évaluation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour estimer la composition corporelle de lapines reproductrices. En *Proc.: 13èmes Journées de la Recherche Cunicole*, pp. 109-112.
- Parigi-Bini B., Xiccato, G. 1998. Energy metabolism and requirements. En: *The nutrition of the rabbit*. Ed.: De Blas C. y Wiseman J. CABI publishing. Wallingford, R.U., pp: 103-131.
- Pascual J.J., Tolosa C., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 1999. Effect of diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 81:105-117.
- Pascual J.J., Motta W., Cervera C., Quevedo F., Blas E., Fernández-Carmona J. 2002. Effect of dietary energy source on the performance and perirenal fat thickness evolution of primiparous rabbit does. *Anim. Sci.*, 75:267–279.
- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 2003. High energy diets for reproductive rabbit does: effect of energy source. *Nutrit. Abstr. Reviews*, 73:27-39.
- Pereda N. 2010. *Evaluación de la técnica del Análisis de Impedancia Bioeléctrica para predecir la composición corporal: aplicación en conejas sometidas a diferentes sistemas de alimentación durante la recría*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, pp. 194.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J. 2006. Long-term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does 2. Lactation and growing period. *Anim. Sci.*, 82:751-762.
- Rebollar P.G., Pérez-Cabal M.A., Pereda N., Lorenzo P.L., Arias-Álvarez M., García-Rebollar P. 2009. Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livest. Sci.*, 121:227-233.
- Rebollar P.G., Pereda N., Schwarz B., Millán P., Lorenzo P.L., Nicodemus N. 2011. Effect of feed restriction or feeding high-fibre diet during the rearing period on body composition, serum parameters and productive performance of rabbit does. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 163:67-76.
- Sakr O., García-García R.M., Arias-Álvarez M., Millán P., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. 2010. Body reserves and ovarian performance in primiparous lactating rabbit does submitted to early weaning as a strategy to decrease energy deficit. *Anim. Reprod. Sci.*, 121:294-300.
- Taghouti M., García J., Machiavelli R., Demmey J., Nicodemus, N. 2011. Relación entre la composición química corporal, la fertilidad y la prolificidad en conejas nulíparas. XIV Jornadas de Producción Animal. ITEA (aceptado).
- Theilgaard P., Sánchez J.P., Pascual J.J., Friggens N.C. y Baselga M. 2006. Effect of body fatness and selection for prolificacy on survival of rabbit does assessed using a cryopreserved control palpation. *Livest. Sci.*, 103:65-73.
- Theilgaard P., Baselga M., Blas E., Friggens N.C., Cervera C., Pascual J.J. 2009. Differences in productive robustness in rabbits selected for reproductive longevity or litter size. *Animal*, 3:637-646.
- Xiccato G., Trocino A., Sartori A., Queaque P.I. 2004. Effect of parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livest. Prod. Sci.*, 85:239-251.
- Xiccato G., Trocino A., Boiti C., Brecchia G. 2005. Reproductive rhythm and litter weaning age as they affect rabbit doe performance and body energy balance. *Anim. Sci.*, 81:289-296.

Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA)

Study of body composition in rabbits from 25 to 77 days of age and application of bioelectrical impedance analysis (BIA)

Saiz A.¹, Nicodemus N.^{2*}, Abelleira D.¹, Fernández A.¹, García-Ruiz A.I.¹

¹ Poultry and Rabbit Reserach Centre, Nutreco, Casarrubios del Monte, 45950 Toledo, España

² Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España

*Dirección de contacto: nuria.nicodemus@upm.es

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar *in vivo* la composición corporal de gazapos en crecimiento de 25 a 77 días mediante la técnica de Impedancia Bioeléctrica (BIA). Se utilizaron 150 conejos, con un intervalo de pesos de 231 a 3138 g repartidos en cinco edades: 25, 35, 49, 63 y 77 días. Las medidas de BIA se realizaron con el analizador de cuatro electrodos Quantum II (Model BIA-101, RJI Sytems, Detroit, MI USA), registrándose los valores de resistencia y reactancia. También se controlaron en el mismo momento la distancia entre electrodos internos, el peso y la longitud del animal. Los animales fueron sacrificados y procesados para la determinación en laboratorio de la materia seca, la proteína bruta, las cenizas y la energía bruta. La grasa y la energía aumentaron con la edad, mientras que la proteína, las cenizas y la humedad disminuyeron. Los valores medios de resistencia, reactancia, impedancia, longitud del animal y distancia entre electrodos internos fueron $83,5 \pm 23,1 \Omega$, $18,2 \pm 3,8 \Omega$, $85,6 \pm 22,9 \Omega$, $30,6 \pm 6,9 \text{ cm}$ y $10,8 \pm 3,1 \text{ cm}$, respectivamente.

Palabras clave: Conejos en crecimiento, composición corporal, BIA.

Abstract

The aim of this study was to estimate the *in vivo* body composition of growing rabbits from 25 to 77 days of age by the bioelectrical impedance analysis (BIA). One hundred and fifty rabbits grouped at 5 different ages (25, 35, 49, 63 and 77 days) with weights ranged from 231 to 3138 g were used. A four terminal body composition analyser (Model BIA-101, RJI Systems, Detroit, MI USA), was used to determine resistance and reactance values. The distance between internal electrodes, and body length and weight were also measured. All the animals were slaughtered and processed for chemical analyses (dry matter, lipids, proteins, ash and energy). Energy and fat increased with the age, while protein, ash, and humidity decreased. Mean values of resistance, reactance, impedance, animal length and distance between electrodes were $83.5 \pm 23.1 \Omega$, $18.2 \pm 3.8 \Omega$, $85.6 \pm 22.9 \Omega$, $30.6 \pm 6.9 \text{ cm}$ and $10.8 \pm 3.1 \text{ cm}$.

Key words: Growing rabbits, body composition, BIA.

Introducción

La determinación *in vivo* de la composición corporal de gazapos durante el periodo de cebo podría ser una herramienta interesante para estudiar las variaciones de la composición corporal a lo largo del tiempo, y para determinar la retención de nutrientes sin necesidad de sacrificar a los animales. Trabajos publicados recientemente en conejas reproductoras (Pereda et al., 2007a, 2007b, Nicodemus et al. 2009) mostraron que la técnica de la impedancia bioeléctrica (BIA) podía considerarse como un método práctico, rápido y sencillo para predecir la composición corporal de las mismas. Por ello, y dada la escasez de datos referentes a la estima de la composición corporal *in vivo* de conejos en crecimiento, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la posibilidad de aplicar la técnica de la

impedancia bioeléctrica en animales de 25 a 77 días de edad y determinar la composición química corporal de los mismos.

Material y métodos

Se utilizaron 150 gazapos híbridos de Neozelandés Blanco x Californiano. Los animales consumieron un pienso comercial de madres (Cunilactal Super, Nanta S.A., España) hasta el destete (35 días de edad). Posteriormente, los animales fueron alojados en jaulas individuales y alimentados *ad libitum* con dos piensos que diferían en su nivel de grasa (1,5 vs. 4 % de aceite de soja) con el único fin de aumentar la variabilidad entre animales. A 25, 35, 49, 63 y 77 días se tomaron 30 animales para realizar las medidas de impedancia y proceder a continuación a su sacrificio. La reactancia y resistencia se midieron por duplicado con ayuda de una aguja pinchada a través de la piel y conectada a los 4 electrodos del aparato Quantum II (Model BIA-101, RJA Systems, Detroit, MI USA). Posteriormente, se calculó la impedancia, que mide la resistencia que se sufre la corriente eléctrica cuando pasa a través del cuerpo del animal: $\text{Impedancia} = (\text{resistencia}^2 + \text{reactancia}^2)^{1/2}$. También se midieron la distancia entre electrodos internos, el peso y la longitud del animal a cada una de las distintas edades.

A continuación, los animales fueron sacrificados con CO₂ y congelados a -20°C. Se molieron enteros, uno a uno, incluyendo piel y vísceras. Sobre una muestra se determinó el mismo día de la molienda el contenido en humedad del cuerpo del animal. Otra muestra fue liofilizada y molida en un molino centrífugo a 1 mm para su posterior análisis químico de acuerdo a los procedimientos descritos por la AOAC: materia seca (934.01), proteína bruta (método Dumas, N x 6,25), cenizas (942.05), extracto etéreo (RD 609/1999 n°4, previa hidrólisis ácida). Para medir la Energía Bruta (EB), se utilizó una bomba calorimétrica adiabática.

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico SAS/STAT (Statistical Systems Institute Inc., Cary, NC, 1999). Para estudiar la evolución lineal y cuadrática de la composición química de los gazapos con la edad se utilizó el procedimiento PROC GLM.

Resultados y discusión

El intervalo de peso vivo de los animales fue de 231 a 3138 g. La proporción media del contenido en agua, y de la proteína, las cenizas, la grasa y la energía expresadas sobre materia seca (MS) fueron $70,5 \pm 3,36\%$, $54,9 \pm 5,42\%$ MS, $11,1 \pm 1,55\%$ MS, $27,7 \pm 7,61\%$ MS y 2167 ± 183 kJ/100g MS, respectivamente. Al expresar la composición corporal en gramos, los valores medios de humedad, proteína, cenizas y grasa fueron 1002 ± 545 g, $46,6 \pm 26,6$ g, 234 ± 139 g, 146 ± 129 g, respectivamente. El valor energético medio total del animal fue de $10,7 \pm 8,01$ MJ.

Los valores medios de resistencia, reactancia, impedancia, longitud del animal y distancia entre electrodos internos fueron $83,5 \pm 23,1 \Omega$, $18,2 \pm 3,83 \Omega$, $85,6 \pm 22,9 \Omega$, $30,6 \pm 6,90$ cm y $10,8 \pm 3,14$ cm, respectivamente. Cuanto mayor edad tuvieron los animales, los valores de resistencia e impedancia fueron menores (variando de $118 \pm 19,7 \Omega$ y $119 \pm 20,0 \Omega$, respectivamente a 25 días, hasta $72,1 \pm 13,7 \Omega$ y $75,2 \pm 13,1 \Omega$, respectivamente en conejos con 77 días de vida). Los valores medios de resistencia fueron menores que los obtenidos en conejas (Pereda et al., 2007a), debido al mayor contenido de grasa de éstas, pero fueron más elevados que los obtenidos en cerdos o corderos (Swantek et al., 1992; Berg y Marchelo, 1994; Daza et al., 2006), con valores de resistencia entre 40 y 50 Ω , pese a su mayor contenido en grasa. Estos resultados se explican por las diferencias de volumen entre los animales, ya que los valores de impedancia dependen de la geometría y volumen del cuerpo del animal en el que se mide. A mayor volumen del animal, menores son los valores de impedancia, siguiendo la relación que estableció Lukaski et al. (1985): $\text{Volumen} = \text{Longitud}^2 / \text{Impedancia}$.

La composición corporal varió con la edad y con el peso del animal (Tabla1). El peso de los animales aumentó de forma lineal y cuadrática ($P_L < 0,0001$ y $P_Q = 0,0054$) con la edad, desde 369 g de media a 25 días, hasta 2572 g de media en animales de 77 días de edad. Se observó que el contenido en humedad, proteína y cenizas disminuyeron de forma lineal ($P_L < 0,0001$) con la edad, de 72,8 a 65,9%, de 59,3 a 48,5% y de 11,8 a 9,5%, respectivamente. Además, la humedad y las cenizas alcanzaron un valor máximo a los 35 días de edad (73,6%, $P_Q < 0,0001$; y 12,7%, $P_Q = 0,0138$). La grasa y la energía evolucionaron de forma inversa al contenido en agua, aumentando de forma lineal con la edad (de 22,3 a 36,0% MS y de 2147 a 2505 kJ/100g MS; $P_L < 0,0001$). En ambos casos se observó un mínimo a 35 días, aunque en la grasa sólo llegó a ser una tendencia (20,6% MS ($P_Q = 0,068$) y 2097 kJ/100g MS ($P_Q < 0,0001$) para la grasa y la energía, respectivamente). Milisits et al. (2003) también observaron mediante el método TOBEC, en conejos Pannon White, una evolución similar del contenido en grasa, con un mínimo a los 35 días. Los valores mínimos y máximos observados a 35 días pudieron ser debidos a un incremento en el consumo de

TABLA 1. Evolución de la composición corporal de los gazapos con la edad.

Edad, d	25	35	49	63	77	EEM ¹	P _L ²	P _Q ³
Peso, g	369	780	1505	2125	2572	38,8	<0,0001	0,0054
Composición química, %								
Humedad	72,8	73,6	70,9	69,1	65,9	0,41	<0,0001	<0,0001
Composición química, % MS								
Proteína	59,3	59,8	55,3	51,1	48,5	0,57	<0,0001	0,1359
Grasa	22,3	20,6	25,9	34,4	36,0	0,79	<0,0001	0,0682
Cenizas	11,8	12,7	11,2	10,3	9,50	0,19	<0,0001	0,0138
EB ⁴ , kJ/100g MS	2147	2097	2210	2393	2505	18,1	<0,0001	<0,0001
Composición química, g								
Humedad	269	573	1066	1466	1687	26,2	<0,0001	<0,0001
Proteína	58,8	123	242,1	334	425	8,45	<0,0001	0,1762
Grasa	22,6	42,9	115	232	327	8,71	<0,0001	0,0006
Cenizas	11,8	26,1	48,8	67,0	81,8	1,46	<0,0001	0,0011
EB ⁴ , MJ	2,15	4,34	9,75	15,9	22,4	0,64	<0,0001	0,0034

¹EEM: error estándar medio (n=150). ²P_L: probabilidad del efecto lineal de la edad. ³P_Q: probabilidad del efecto cuadrático de la edad. ⁴EB: energía bruta.

pienso respecto a los animales de 25 días, puesto que los animales se molieron enteros sin retirar el tracto digestivo. Cuando la composición química se refirió al peso vivo del animal (g) y la energía se expresó en MJ todos los parámetros estudiados aumentaron de forma lineal y cuadrática (P<0,01), salvo la proteína que sólo evolucionó de forma lineal.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Álvaro García, Francisco Linares y Emilio Scapaticcio por su colaboración en este proyecto.

Bibliografía

- AOAC. 2000. *Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (17th edition)*, Gaitersburg, MD.
- Berg E.P., Marchello M.J. 1994. *Bioelectrical Impedance Analysis for the prediction of fat-free mass in lambs and lamb carcasses*. *J. Anim. Sci.*, 72:322-329.
- Daza A., Mateos A., Ovejero I., López Bote C.J. 2006. *Prediction of body Iberian pig by means of bioelectrical impedance*. *Meat Sci.*, 72:43-46.
- Lukaski H.C., Bolonchuck W.W., Hall C.B., Siders W.A. 1985. *Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition*. *J. Appl. Physiol.*, 60:1327-1332.
- Milisits G., Lévai A., Andrásy-Baka G., Romvári R. 2003. *In vivo Examination of Fat5 Deposition in Growing Rabbits Selected for High and Low Body Fat Content*. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Vol.68, No. 3: 145-149.
- Nicodemus N., Pereda N., Romero C., Rebollar P.G. 2009. *Évaluation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour estimer la composition corporelle de lapines reproductrices*. 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre 2009, LeMans, France: 109-112.
- Pereda N., Rebollar P.G., Schwarz B.F., Arias-Álvarez M., Revuelta L., Lorenzo P.L., Nicodemus N. 2007a. *Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Parte I: Resultados de la composición corporal y de las determinaciones de impedancia*. II Congreso Ibérico de Cunicultura. Vila-Real, Portugal: 13-16.
- Pereda N., Rebollar P.G., Schwarz B.F., Arias-Álvarez M., Revuelta L., Lorenzo P.L., Nicodemus N. 2007b. *Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Parte II Ecuaciones de predicción*. II Congreso Ibérico de Cunicultura. Vila-Real, Portugal: 17-20.
- SAS Institute 1999. *User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC*.
- Swanteck P.M., Crenshaw J.D., Marchello M.J., Lukaski H.C. 1992. *Bioelectrical impedance: a non-destructive method to determinate fat-free mass of live market swine and pork carcasses*. *Journal of Animal Science*, 70:169-177.

Estima de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA)

Estimate of body composition in rabbits from 25 to 77 days of age by the bioelectrical impedance method

Saiz A.¹, Nicodemus N.^{2*}, Abelleira D.¹, Fernández A.¹, García-Ruiz A.I.¹

¹Poultry and Rabbit Reserach Centre, Nutreco, Casarrubios del Monte, 45950 Toledo, España

²Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid, España

*Dirección de contacto: nuria.nicodemus@upm.es

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar y validar con datos independientes las ecuaciones de predicción obtenidas para estimar *in vivo* la composición corporal de conejos en crecimiento utilizando la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Las ecuaciones se calcularon mediante un análisis de regresión múltiple a partir de las medidas de impedancia presentadas en el trabajo anterior (Saiz et al., 2011) y de otras variables independientes que fueron incluidas en el modelo, tras hacer un análisis de selección de variables, como la edad, el peso y la longitud del animal. Los coeficientes de determinación (R^2) de las ecuaciones para estimar la humedad (g), la proteína (g), la grasa (g), las cenizas (g) y la energía (MJ) fueron: 0,99, 0,99, 0,97, 0,98 y 0,99, y los errores medios de predicción relativos (EMPR): 2,24, 5,99, 16,3, 8,56 y 7,81%, respectivamente. El R^2 y EMPR para estimar el porcentaje de humedad corporal fueron de 0,85 y 1,98%, respectivamente. Para predecir los contenidos, expresados sobre materia seca (MS), de proteína (%), grasa (%), cenizas (%) y energía (kJ/100g), el R^2 obtenido fue 0,79, 0,83, 0,71 y 0,86, respectivamente y el EMPR 4,78, 12,2, 8,39 y 3,26%, respectivamente. La reactancia estuvo negativamente correlacionada con el contenido en humedad, cenizas y proteína bruta ($r=-0,32$, $P<0,0001$; $r=-0,20$, $P<0,05$; $r=-0,26$, $P<0,01$) pero positivamente con el de grasa y energía ($r=0,23$ y $r=0,24$; $P<0,01$). Al contrario ocurrió con la resistencia, que estuvo positivamente correlacionada con el contenido en humedad, cenizas y proteína bruta ($r=0,31$, $P<0,001$; $r=0,28$, $P<0,001$; $r=0,37$, $P<0,0001$) pero negativamente con el de grasa y energía ($r=-0,36$ y $r=-0,35$; $P<0,0001$). Así mismo, la edad del animal, estuvo negativamente correlacionada con el contenido en humedad, proteína y cenizas ($r=-0,79$, $r=-0,67$ y $r=-0,80$; $P<0,0001$) y positivamente con la grasa y energía ($r=0,78$ y $r=0,81$; $P<0,0001$). Se puede considerar la técnica BIA como una técnica útil para estimar *in vivo* la composición corporal de los conejos en crecimiento de 25 a 77 días de edad.

Palabras clave: *Gazapos, BIA, ecuación de predicción, composición corporal.*

Abstract

The aim of this study was to determinate and validate with independent data the prediction equations obtained to estimate in vivo the body composition of growing rabbits, by using the results of body composition and BIA values obtained in the previous communication. A multiple linear regression analysis was done to determinate the equations, using animal weight and length of animals, and the impedance data from the previous work (Saiz et al., 2011) as parameters. Coefficient of determination (R^2) of the equations obtained to estimate humidity (g), protein (g), fat (g), ash (g) and energy (MJ) content were: 0.99, 0.99, 0.97, 0.98 and 0.99, and relative mean prediction error (RMPE) were: 2.24, 5.99, 16.3, 8.56 and 7.81%, respectively. When humidity was expressed as percentage (%), the R^2 and RMPE were 0.85 and 1.98 %, respectively. When the prediction of the content of protein (% DM), fat (% DM), ash (% DM) and energy (kJ/100g DM) were done, R^2 values were 0.79, 0.83, 0.71 and 0.86, and RMPE: 4.78, 12.2, 8.39 and 3.26%, respectively. Reactance was negatively correlated with water, ash and protein content ($r=-0.32$, $P<0.0001$; $r=-0.20$, $P<0.05$; $r=-0.26$, $P<0.01$) and positively correlated with fat and energy ($r=0.23$ and $r=0.24$; $P<0.01$). Otherwise, resistance was positively correlated with en humidity, ash and protein ($r=0.31$, $P<0.001$; $r=0.28$, $P<0.001$; $r=0.37$, $P<0.0001$) and negatively correlated with fat and energy ($r=-0.36$ and $r=-0.35$; $P<0.0001$). Moreover, age was nega-

tively correlated with water, ash and protein content ($r=0.79$; $r=-0.67$ and $r=0.80$; $P<0.0001$) and positively correlated with fat and energy ($r=0.78$ and $r=0.81$; $P<0.0001$). It could be concluded that BIA it's a non invasive and good method for estimate *in vivo* body composition of growing rabbits from 25 to 77 days of age.

Key words: Growing rabbits, BIA, prediction equations, body composition.

Introducción

La estima de la composición química de los animales mediante Impedancia Bioeléctrica (BIA) ha sido utilizada con éxito para predecir *in vivo* la composición corporal de la canal en porcino (Swantek et al., 1992, 1999; Daza et al., 2006), ovino (Berg et al., 1996), bovino (Marchelo y Slinger, 1994; Velazco et al., 1999) y más recientemente, también en conejas reproductoras (Pereda et al., 2007a y 2007b; Nicodemus et al., 2009). El objetivo de este trabajo ha sido determinar y validar las ecuaciones de predicción para la estimación *in vivo* de la composición química de conejos en crecimiento de 25 a 77 días de edad, mediante la técnica de la impedancia bioeléctrica.

Material y métodos

Para la obtención de las ecuaciones se utilizaron los datos de la composición química corporal analizada, la edad, el peso, la longitud y las medidas de impedancia de 150 conejos de 25, 35, 49, 63 y 77 días de edad. Los valores de estas variables han sido presentadas en el trabajo anterior (Saiz et al., 2011). Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico SAS/STAT (Statistical Systems Institute Inc., Cary, NC, 1999). La selección del modelo de predicción de la composición corporal de los conejos se hizo mediante el procedimiento PROC REG utilizando la opción RSQUARE. Se seleccionó aquel modelo cuyo estadístico Cp (Mallows, 1973) fuera menor o igual que $p+1$ (siendo p el número de variables independientes incluidas en el modelo) y dónde además, los estadísticos J_p y S_p (Hocking, 1976) y PC y AIC (Amemiya, 1980) también fueran mínimos. Una vez seleccionado el modelo, las ecuaciones de predicción se calcularon mediante un análisis de regresión múltiple utilizando el procedimiento PROC REG. Los coeficientes de correlación entre las medidas BIA y la composición corporal, el peso, la edad, y longitud de los gazapos se calcularon con el procedimiento PROC CORR.

Las ecuaciones obtenidas fueron validadas con datos independientes. Para ello, se sacrificaron otros 50 gazapos a 25, 35, 49, 63 y 77 días (10 conejos/edad) que se procesaron del mismo modo que los utilizados para la obtención de las ecuaciones (Saiz et al., 2011). El error medio de predicción (EMP) se calculó como el cuadrado de la suma de los residuos calculados por diferencia entre la composición corporal analizada y la predicha con las ecuaciones obtenidas, dividido entre el número de observaciones. El EMP dividido entre el valor medio del parámetro a estimar, dio lugar al error medio de predicción relativo (EMPR).

Resultados y discusión

Se encontró una correlación negativa de la reactancia con la humedad, la proteína y las cenizas ($r=-0,32$, $P<0,0001$; $r=-0,20$, $P<0,05$; $r=-0,26$, $P<0,01$) y positiva con la grasa y la energía ($r=0,23$ y $r=0,24$; $P<0,01$). Al contrario ocurrió con la resistencia, que estuvo positivamente correlacionada con el contenido en humedad, cenizas y proteína bruta ($r=0,31$, $P<0,001$; $r=0,28$, $P<0,001$; $r=0,37$, $P<0,0001$) pero negativamente con el de grasa y energía ($r=-0,36$ y $r=-0,35$; $P<0,0001$). Así mismo, la edad del animal estuvo negativamente correlacionada con el contenido en humedad, proteína y cenizas ($r=0,79$, $r=-0,67$ y $r=0,80$; $P<0,0001$) y positivamente con la grasa y energía ($r=0,78$ y $r=0,81$; $P<0,0001$). Las correlaciones obtenidas para la resistencia son contrarias a las encontradas en conejas reproductoras por Pereda et al. (2007b), que encontró una correlación positiva entre la resistencia y la grasa ($r<0,31$; $P<0,01$). Estas diferencias se explican porque las variaciones de volumen son mayores en gazapos en crecimiento que en animales adultos, y hay que tener en cuenta, que los valores de impedancia no sólo dependen de la composición química del animal, sino también de su volumen (Lukaski et al., 1985; Swantek et al., 1992). Cuando el volumen del animal se considera constante, a mayor proporción de grasa, menor es el contenido en agua, y más resistencia ofrece el cuerpo al paso de la corriente. Esa es la razón por la que, en diferentes especies, se ha observado una correlación positiva entre los valores de resistencia y de grasa (Pereda et al, 2007b; Swantek et al., 1992). Sin embargo, cuando no se asume un volumen constante, se cumple que a mayor volumen del animal (el cual aumenta con la edad y el estado de engrasamiento) menores son los valores de impedancia (Lukaski et al., 1985), lo que explicaría los resultados obtenidos en este trabajo realizado en gazapos en crecimiento.

Las variables independientes incluidas en las ecuaciones de regresión, además de las medidas BIA realizadas (Saiz et al., 2011), fueron la edad, el peso y la longitud de los gazapos. Las ecuaciones que estiman la composición

corporal de los gazapos, expresada en gramos, y la energía, en MJ totales, tuvieron un R^2 más alto que las que estiman la composición química en porcentaje, o la energía, en kJ sobre MS (Tabla 1). Este resultado ya ha sido observado en trabajos previos realizados en gazapos en crecimiento y en conejas reproductoras (De Blas et al., 1977, Pereda et al., 2007b) y se explica, porque el rango de variación de la composición química es mayor, cuando ésta se expresa en gramos, que cuando se expresa en porcentaje. Sin embargo, a pesar de que la variabilidad total explicada fue menor en las ecuaciones que predicen la composición corporal sobre MS, el EMPR fue más bajo en éstas, con respecto a las que estiman la composición y la energía corporales en gramos y en MJ totales.

Por lo tanto, se puede concluir que la estima de la composición corporal de los gazapos, expresada en porcentaje de MS, es más precisa, que cuando se estima en gramos o MJ totales, y que la técnica BIA, puede ser considerada una herramienta útil para estimar la composición corporal de los gazapos en crecimiento, tanto a nivel de granja como a nivel experimental.

TABLA 1. Coeficientes de determinación (R^2), de variación (CV) y errores medios de predicción relativos (EMPR) de las ecuaciones de predicción de la composición corporal de gazapos en crecimiento estimada mediante impedancia bioeléctrica.

	R^2	CV, %	EMPR
Humedad, %	0,85	1,89	1,98
Humedad, g	0,99	2,13	2,24
Proteína, % MS	0,79	4,61	4,78
Proteína, g	0,99	5,79	5,99
Grasa, % MS	0,83	11,7	12,2
Grasa, g	0,97	15,6	16,3
Cenizas, % MS	0,71	7,75	8,39
Cenizas, g	0,98	8,38	8,56
Energía, kJ/100 g MS	0,86	3,09	3,26
Energía, MJ	0,99	7,34	7,81

Agradecimientos

Los autores agradecen a Julio Alberto Corrochano y Santiago Moya por su colaboración en este proyecto.

Bibliografía

- Amemiya T. 1980. Selection of regressors. *Int. Econ. Rev.*, 21:331-354.
- Berg E.P., Neary M.K., Forrest D.L. Thomas D.L., Kauffman R.G. 1996. Assessment of lambs carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths. *J. Anim. Sci.*, 74:2672-2678.
- Daza A., Mateos A., Ovejero I., López Bote C.J. 2006. Prediction of body composition of Iberian pigs by means bioelectrical impedance. *Meat Sci.*, 72:43-46.
- De Blas J.C., Torres A., Fraga M.J., Pérez E., Gálvez J.F. 1977. Influence of weight and age on the body composition of young doe rabbits. *J. Anim. Sci.*, 45:48-53.
- Hocking R.R. 1976. The analysis and selection of variables in linear regression. *Biometrics*, 32: 1-49.
- Lukaski H.C., Bolonchuck W.W., Hall C.B., Siders W.A. 1985. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J. Appl. Physiol.*, 60:1327-1332.
- Mallows C.L. 1973. Some comments on Cp. *Technometrics*, 15:661-675.
- Marchello M.J., Slinger W.D. 1994. Bioelectrical impedance can predict skeletal muscle and fat-free skeletal muscle of beefs cows and their carcass. *J. Anim. Sci.*, 72:3118-3123.
- Nicodemus N., Pereda N., Romero C., Rebollar P.G., 2009. Évaluation de la technique d'impédance bioélectrique (IBE) pour estimer la composition corporelle de lapines reproductrices. 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre 2009, LeMans, France: 109-112.
- SAS Institute. 1999. *User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC.*
- Pereda N., Rebollar P.G., Schwarz B.F., Arias-Álvarez M., Revuelta L., Lorenzo P.L., Nicodemus N. 2007a. Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Parte I: Resultados de la composición corporal y de las determinaciones de impedancia. II Congreso Ibérico Cunicultura. Vila-Real, Portugal: 13-16.

- Pereda N., Rebollar P.G., Schwarz B.F., Arias-Álvarez M., Revuelta L., Lorenzo P.L., Nicodemus N. 2007b. Estudio de la composición corporal de conejas reproductoras mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). Parte II; Ecuaciones de predicción. II Congreso Ibérico de Cunicultura. Vila-Real, Portugal: 17-20.
- Saiz A., Nicodemus N., Abelleira D., Fernandez A., García-Ruiz A.I. 2011. Estudio de la composición corporal en conejos de 25 a 77 días de edad y aplicación de la técnica de impedancia bioeléctrica (BIA). 36 Symposium de Cunicultura de ASESCU. Peñíscola, España (aceptado).
- Swantek P.M., Crenshaw J.D., Marchelo M.J., Lukaski H.C. 1992. Bioelectrical impedance: a non-destructive method to determine fat-free mass of live market swine and pork carcasses. *J. Anim. Sci.*, 70:169-177.
- Swantek P.M., Marchelo M.J., Tilton J.E., Crenshaw J.D. 1999. Prediction of fat-free mass of pigs from 50 to 130 kg live weight. *J. Anim. Sci.*, 77:893-897.
- Velazco J., Morril J.L., Grunewald K.K. 1999. Utilization of bioelectrical impedance to predict carcass composition of Holstein steers at 3, 6, 9 and 12 months of age. *J. Anim. Sci.*, 77:131-136.

Correlación entre metodologías de estimación de la composición corporal en conejas reproductoras

Correlation between techniques for estimating body composition in rabbit does

Pereda N.¹, Cardinali C.², Castellini C.², Lorenzo P.L.³, Rebollar P.G.^{1*}

¹Dept. Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España

²Dept. Applied Biology, Università degli Studi di Perugia, Borgo 20 Giugno 74, 60123 Perugia, Italia

³Dept. Fisiología Animal, Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 29040 Madrid, España

*Dirección de contacto: pilar.grebollar@upm.es

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar la correlación que existe entre los diferentes métodos para determinar *in vivo* la condición corporal en las conejas (Puntuación a la palpación corporal (PPC), Ecografía (ECO) y Análisis de Impedancia Bioeléctrica (BIA)), y su relación con la fertilidad y la prolificidad. En un total de 17 conejas se aplicaron las tres técnicas, se pesaron y se realizaron las mediciones el día de la IA (11 posparto), y cada semana hasta el día antes del parto. Las estimaciones de la condición corporal realizadas con los diferentes métodos variaron con el tiempo ($P < 0,001$). A medida que pasaron las semanas descendió la puntuación dorsal y de la grupa, el grosor de la grasa peri-renal y la impedancia, atribuyéndose al solapamiento de la gestación y lactación. Sin embargo, el peso vivo de las hembras fue prácticamente similar a lo largo de todo el experimento. La PPC dorsal se correlacionó positivamente con la PPC de la grupa ($P < 0,001$) y con la BIA ($P < 0,05$). La PPC de la grupa se correlacionó positivamente con la ECO ($P < 0,05$) y esta última con la BIA ($P < 0,05$). A mayores puntuaciones de la PPC Dorsal, se estimaron concentraciones del contenido en grasa también superiores ($P < 0,05$) y de proteína inferiores ($P < 0,05$). La ECO sólo se correlacionó ligeramente ($P = 0,06$) con el porcentaje estimado de grasa corporal a partir de las ecuaciones de BIA. Ninguna de las metodologías estudiadas presentó correlaciones significativas con la fertilidad, mientras que la ECO tuvo tendencia a correlacionarse negativamente con la prolificidad ($P = 0,09$). Además, las mejores puntuaciones dadas por palpación del dorso y grupa del animal y la cantidad estimada de contenido en proteína corporal durante la lactación estuvieron negativamente correlacionadas con la cantidad de gazapos destetados ($P < 0,001$). Los diferentes métodos de condición corporal estudiados están correlacionados entre sí, presentando cada uno sus limitaciones, la PPC (subjetividad), la ECO (información de depósitos puntuales, mala lectura en gestantes, rasurado) y las ecuaciones de BIA (la estimación de la grasa tiene un error alto de predicción). Aunque informan del grado de movilización de reservas que sufren las conejas, con los datos de este trabajo no hemos podido predecir con seguridad los resultados de fertilidad y prolificidad, por lo que se requieren más investigaciones.

Palabras clave: Coneja, correlación, palpación corporal, ecografía, bioimpedancia, fertilidad, prolificidad.

Abstract

The aim of this work was to study the correlation between different methods for determining the *in vivo* body condition (BC) in rabbit does: Body Condition Score (BCS), the Ecography (ECO) and the Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and their relation with the fertility and prolificity. In a total of 17 rabbits were applied the three techniques, were weighed and measurements were made on the day of AI (11 postpartum), and every week until the day before parturition. The BC estimated with the three different methods varied along the experimental period ($P < 0.001$), decreasing due to the overlap of gestation and lactation. However, the weight of females was virtually the same throughout the experiment. The BCS dorsal was correlated with the PPC of the rump ($P < 0,001$) and with the BIA ($P < 0.05$). The PPC of the rump was correlated with the ECO ($P < 0.05$) and the latter with BIA ($P < 0.05$). High scores of PPC dorsal were positively correlated with estimated fat ($p < 0.05$) and negatively with protein ($P < 0.05$). The ECO was correlated only slightly ($P = 0.06$) with percentage of body fat estimated from BIA equations. None of the methods studied had significant correlations with fertility, while the ECO tended to correlate negatively with prolificacy ($P = 0.09$). Moreover, the BCS and the estimated amount of body protein content during lactation were negatively correlated with the number of kits weaned ($P < 0.001$). The different methods of body condition studied here are correlated with each other, each having its limitations, the PPC (subjectivity), ECO (punctual



depots, bad determination in pregnant does, shaving) and BIA (fat estimate has a high prediction error). Although these methods inform about reserves mobilization of does, with the results of this work we cannot able to predict certainty the fertility and prolificacy, so we suggest further research.

Key words: rabbit, correlation, body condition score, ecography, bioimpedance, fertility, prolificacy.

Introducción

La eficiencia económica de la cunicultura depende principalmente de los parámetros reproductivos de la coneja, entre los que se incluyen su fertilidad, prolificidad, ganancia de peso y mortalidad de sus gazapos, los cuales están afectados por distintos factores como la genética, el ritmo reproductivo, el número de parto, el tamaño de la camada, la alimentación, la condición corporal, el medio ambiente y el manejo (Castellini et al., 2003).

Las técnicas de ecografía (ECO), de análisis de Bioimpedancia (BIA) y la puntuación a la palpación corporal (PPC) permiten conocer la evolución de la condición corporal de las conejas a través de su vida reproductiva, estimando sus reservas en función de la edad y estado fisiológico. Sin embargo, cada una por separado tiene sus limitaciones.

El método de puntuación mediante palpación para determinar la condición corporal representa una práctica de manejo que mide el estado nutricional de los animales con un parámetro o escala. Dicha puntuación o calificación corporal estima las reservas y las escalas utilizadas pero pueden variar en los distintos países del mundo, aunque el principio en el que están basadas es siempre el mismo. Bonanno et al. (2005) y más tarde Cardinali et al. (2008), han descrito un método in vivo similar al que se utiliza en otras especies y que consiste en puntuar o dar una valoración subjetiva sobre la condición corporal de una hembra a partir del grado de protrusión que tuvieran las apófisis espinosas de las vértebras y de los huesos del tercio posterior del animal. Según Cardinali et al. (2008), la puntuación que se le da a una hembra en un rango de 0 (muy delgada) a 4 (muy grasa) se correlaciona positivamente con el contenido en lípidos de los músculos abdominales de (2 a 10%) y de los depósitos grasos de (10,6 a 107,7 g/hembra). Se trata de un procedimiento barato y fácilmente aplicable pero muy subjetivo.

Pascual et al. (2004) testaron la precisión de la ECO en función del estado fisiológico de la coneja (parto, lactación, destete y gestación). Uno de los mejores estimadores de la movilización de las reservas corporales en las conejas, es la variación en el peso de los depósitos de grasa, especialmente la grasa peri-renal (Castellini et al, 2006; Ouhayoun, 1978; Brun y Ouhayoun, 1988; Masonero et al., 1992), puesto que es alrededor del riñón donde se sitúa el mayor contenido de grasa en estos animales. Así, muchos autores han comprobado que existe un descenso del peso de la grasa peri-renal en conejas que tienen un balance de energía negativo (Xiccatto et al., 1995; Pascual et al., 2000b) y sirve para estimar el contenido en energía y grasa de las conejas en diferentes estados fisiológicos. Las estimaciones resultantes para el contenido de energía, peso de la grasa total y peri-renal con ECO son bastante precisas (R^2 : 0,90, 0,93 y 0,95, respectivamente), aunque se ha indicado la dificultad de predecir la condición corporal de las conejas al final de la gestación, por dos razones: el peso vivo de la coneja está muy afectado por el peso de los fetos y además, la ocupación abdominal debido a los fetos puede afectar a la distribución de la grasa peri-renal.

El método BIA también ha sido validado para estimar la composición corporal en conejas (Arias Álvarez et al., 2009, 2010; Rebollar et al., 2011). Cuando se aplica, se obtiene un valor de la resistencia y un valor de la reactancia, a partir de los cuales se calcula la impedancia de la coneja, midiendo la reducción de voltaje que se produce en el cuerpo de la coneja, cuando éste es atravesado por una corriente eléctrica. Líquidos intra y extracelulares, electrolitos y minerales actúan como conductores y comprenden un amplio porcentaje de tejido magro en el cuerpo. Las membranas celulares se comportan como condensadores resistiendo una corriente hasta que se alcanza un umbral antes de permitir el paso de la misma. Las ecuaciones de predicción seleccionadas para estimar la composición corporal de las conejas en cuanto al contenido de humedad, proteína, cenizas, grasa y energía se pueden expresar en gramos (R^2 : 0,90, 0,89, 0,71, 0,72 y 0,82, respectivamente) o en porcentaje del peso vivo (R^2 : 0,70, 0,43, 0,39, 0,64, 0,69, respectivamente) Pereda (2010). Con este método, la estima del contenido en grasa corporal expresado en g o en %, tiene un mayor error medio de predicción (23,9% y 24,6%, respectivamente) que el resto de las variables, y el contenido en proteína puede estar subestimado en torno a un 3%.

El objetivo de este trabajo ha sido aplicar estas tres técnicas en los mismos animales durante un periodo de tiempo prolongado y estudiar la correlación entre ellas. A su vez, las conejas empleadas se inseminaron, valorándose en ellas los cambios producidos en la estimación de su condición corporal debidos a su estado fisiológico, así como la correlación entre cada método y la fertilidad y prolificidad obtenidas.

Material y métodos

El trabajo se realizó en la granja experimental del Departamento de Biología Aplicada de la Universidad de Perugia (Italia) en conejas reproductoras de la raza "Leprino di Viterbo" (1978). Esta raza es el resultado de los cruces entre conejos de las razas Grigio Locale, Nueva Zelanda Blanco y Liebre belga. El conejo Leprino conserva las características fenotípicas del Grigio Locale en cuanto a coloración y rusticidad. El Grigio Locale es el conejo típico de la región de Viterbo donde se comercializa el Leprino. Se emplearon 17 conejas lactantes en día 11 post-parto, con un intervalo de pesos entre 3.000 y 4.885 g y con diferente número de partos previos (1 a 7). Al comienzo del experimento se encontraban en estado fisiológico Lactante No Gestante (LNG); tras ser inseminadas (día 11 post-parto) se obtuvo una fertilidad del 41,7%. Las conejas gestantes pasaron al estado fisiológico Gestante Lactante (GL), y una vez destetadas, el día 26 post-parto, pasaron al estado Gestante No Lactante (GNL). Las conejas que no quedaron preñadas tras la inseminación y perdieron sus camadas se consideraron No gestantes No lactantes (NGNL).

Las conejas estuvieron alojadas en jaulas individuales en un solo piso. La iluminación se controló mediante un programador horario para que los animales recibieran ciclos de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad durante todo el experimento. La ventilación era de tipo forzada por depresión con extractores centrífugos situados en ambos extremos de la nave. Las condiciones de temperatura durante todo el ensayo se mantuvieron en intervalos de 15-28°C y la humedad relativa del 60-75 %. Durante el periodo experimental se les suministró un pienso comercial único para madres y gazapos (10,9 MJ/kg, 18,7 % Proteína Bruta y un 29,2 % Fibra Neutro Detergente sobre materia seca). Para la inseminación artificial de las hembras, se usaron dosis seminales de 0,5 ml con una concentración de 10 millones de espermatozoides. El semen se obtuvo de machos de la misma explotación y se conservó en fresco utilizando el diluyente TALP (Tyroide's Albumin Lactate Pyruvate buffer). Las conejas fueron inseminadas a los 11 días post-parto y el destete se realizó a los 26 días de edad. Para inducir la ovulación a todas las conejas se utilizó buserelina, análogo sintético de la hormona de liberación de gonadotropinas (GnRH) comercializada con el nombre de Receptal (Laboratorios Intervet Internacional, Italia).

Las técnicas de PPC, ECO y BIA para la estimación de la condición corporal se realizaron simultáneamente, el día de la IA (11 días post-parto), la 2ª, la 3ª y la 4ª semana de gestación (días antes del parto). Los animales fueron manejados de acuerdo con los principios para el cuidado de los animales publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2005).

Para estimar la condición corporal mediante palpación se aplicaron las manos sobre el animal a lo largo de la columna vertebral valorando la protrusión de las apófisis espinosas y transversas de las vértebras, el recubrimiento muscular de las costillas, así como la angulosidad o redondez de las tuberosidades coxales e isquiáticas y la musculatura del tercio posterior, tal y como describió Bonanno et al. (2005). Se empleó una escala de 0 a 2 tanto para la palpación dorsal como para la de la grupa, correspondiendo el valor 0 a una coneja muy delgada y 2 a una coneja gorda (Tabla 1).

Para la ecografía se escaneó la región peri-renal (ALOKA, model SSD-500) 3 cm por delante de la 2ª-3ª vértebra lumbar, después de rasurar la piel de estas zonas de acuerdo a Pascual et al. (2000a). Para la BIA se empleó un aparato (Model Quantum II, RJL Systems, Detroit, MI, USA) conectado a 4 agujas 21G (Terumo Europe N.V. 3001 Leuven, Belgium) que actuaron como electrodos introducidos únicamente en la piel del animal. Se realizó una medida colocando los electrodos a lo largo de la columna vertebral del animal: dos a 4 cm de la base de las orejas y dos a unos 4 cm de la base de la cola. Con las medidas de resistencia y reactancia se calculó la impedancia ($\text{Impedancia} = [\text{resistencia}^2 + \text{reactancia}^2]^{0.5}$). Para estimar la composición corporal de las conejas (humedad, cenizas, proteína, grasa y energía bruta) se han utilizado las ecuaciones de predicción obtenidas por Pereda (2010). Para su aplicación es necesario conocer el peso de la coneja, el número de parto, su impedancia y su estado fisiológico en el momento de la medición.

El diagnóstico de gestación se realizó a la segunda semana después de IA, dándole el valor 0 ó 100 a las conejas no gestantes o gestantes, respectivamente. En el momento del parto se contaron los gazapos nacidos vivos y muertos.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Systems Institute Inc., Cary, Nc, 1990). Los coeficientes de correlación entre las determinaciones de condición corporal (mm de grasa peri-renal, impedancia y puntuación de la palpación corporal dorsal y de la grupa), y entre éstas con la fertilidad y la

proliferidad se analizaron utilizando el procedimiento CORR. Las variables discretas (PPC dorsal, PPC grupal y fertilidad) fueron transformadas sacando la raíz cuadrada de la observación + ½, para que al realizar el análisis de varianza los errores experimentales se distribuyeran normal e independientemente (Steel y Torrie, 1993). También se estudió la evolución con el tiempo y el efecto del estado fisiológico de la coneja sobre estas determinaciones, así como su interacción con el procedimiento MIXED. Todas las medias fueron comparadas usando un test-t protegido y las diferencias fueron consideradas cuando $P < 0,05$.

TABLA 1. Escala empleada para la puntuación de la condición corporal (adaptada de Bonanno et al., 2005).

Puntuación de Palpación Corporal (PPC)		
Puntuación Corporal	Característica	Descripción
0	Muy Delgada	Palpación Dorsal: Sobresalen marcadamente las costillas, la cadera y los huesos de la columna vertebral. Las costillas se identifican individualmente pero no sobresalen, con algo de tejido cubriendo la porción alta de las costillas. Se palpa a lo largo de la columna y se observan claramente las apófisis espinosas de las vértebras. Palpación de la Grupa: Las tuberosidades coxales e isquiáticas se presentan angulosas.
1	Delgada	Palpación Dorsal: Las costillas están ligeramente cubiertas por una delgada capa de grasa y ya no son visibles de forma manifiesta. Puede palparse la columna, pero sus huesos ya no son agudos. Palpación de la Grupa: Hay algo de gordura cubriendo las apófisis transversas de las vértebras lumbares y los huesos de la cadera (tuberosidades coxal e isquiática menos marcadas).
2	Gorda	Palpación Dorsal: Importante cobertura de grasa a lo largo de la columna vertebral. A la palpación se percibe la cobertura de grasa sobre las costillas. Apariencia compacta. Palpación de la grupa: Las tuberosidades coxal e isquiática están redondeadas.

Resultados y discusión

Los resultados medios de peso vivo, de la condición corporal estimada con la PPC dorsal y grupal, con ECO y con BIA, así como el contenido de proteína (%), grasa (%) y energía (kJ/100g) estimadas con las ecuaciones de Pereda (2010) se muestran en la Tabla 2.

Las estimaciones de la condición corporal realizadas con los diferentes métodos variaron con el tiempo ($P < 0,001$). A medida que pasaron las semanas descendió la puntuación dorsal y de la grupa, el grosor de la grasa peri-renal y la impedancia. En general esto es atribuible a que son conejas en las que en la gran mayoría a medida que pasaron las semanas se solapó el gasto de gestación y lactación. Sin embargo, esto no se llegó a apreciar estadísticamente en el peso vivo de las hembras, ya que fue similar a lo largo de todo el experimento. Sólo se observó un efecto del estado fisiológico sobre las puntuaciones dadas por palpación tanto dorsal como de la grupa ($P < 0,001$), y sobre el peso vivo ($P < 0,01$). A las conejas LNG se les atribuyó valoraciones más bajas, mientras que la ECO y la BIA no se vieron afectadas por esta variable. Las conejas GNL pesaron más y las NGNL menos.

En cuanto al efecto del tiempo y del estado fisiológico sobre la composición corporal estimada a partir de las ecuaciones de Pereda (2010) que se muestran en la Tabla 3, sólo se observó que el porcentaje de proteína estimado en las conejas NGNL fue significativamente más elevado que el resto ($P < 0,001$), no observándose diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de grasa que fue similar en todos los estados. No obstante, el porcentaje estimado de grasa corporal descendió paulatinamente a medida que avanzaron las semanas del experimento ya que la gran mayoría de las hembras estaban gestantes y lactantes a la vez. Esto coincidiría con los resultados obtenidos cuando se realizaron todas las técnicas de estimación de la condición corporal que se muestran en la Tabla 2. Así mismo, estos resultados coincidirían con los de Pascual et al. (2002) quienes observaron una

TABLA 2. Efecto del tiempo y del estado fisiológico sobre las estimaciones de la condición corporal obtenidas mediante Puntuación de la Palpación Corporal (PPC) dorsal y de la grupa, Ecografía (ECO) y Bioimpedancia (BIA).

	PPC Dorsal	PPC Grupa	ECO (mm)	BIA (Ω)	Peso (kg)
Tiempo					
Sem 1	1,45 \pm 0,09 a	1,42 \pm 0,09 a	0,65 \pm 0,04 a	123 \pm 6,56 a	4,26 \pm 0,14
Sem 3	1,25 \pm 0,09 b	1,27 \pm 0,09 a	0,54 \pm 0,04 b	100 \pm 6,59 b	4,30 \pm 0,14
Sem 4	0,79 \pm 0,08 c	0,70 \pm 0,08 b	0,49 \pm 0,03 b	95,2 \pm 5,52 b	3,90 \pm 0,11
Sem 5	0,76 \pm 0,08 c	0,71 \pm 0,08 b	0,53 \pm 0,03 b	102 \pm 5,52 b	3,84 \pm 0,11
EF					
NGNL	1,11 \pm 0,07 b	1,14 \pm 0,06 a	0,57 \pm 0,02	106 \pm 4,42	3,92 \pm 0,09 b
LNG	0,70 \pm 0,09 c	0,63 \pm 0,08 b	0,53 \pm 0,03	106 \pm 5,71	3,96 \pm 0,12 ab
GNL	1,38 \pm 0,10 a	1,31 \pm 0,09 a	0,57 \pm 0,04	102 \pm 6,69	4,36 \pm 0,14 a
Significación de los efectos					
Tiempo	0,001	0,001	0,01	0,001	NS
EF	0,001	0,001	NS	NS	0,01

NGNL: no gestantes no lactantes; LNG: lactantes no gestantes; GNL: gestantes no lactantes; EF: estado fisiológico; NS: no significativo.

TABLA 3. Efecto del tiempo y del estado fisiológico sobre los contenidos de Proteína, Grasa y Energía estimados a partir de las ecuaciones BIA de Pereda (2010) en conejas reproductoras (n=17).

	Proteína %	Grasa %	Energía kJ/100g
Tiempo			
Sem 1	17,9 \pm 0,22	15,3 \pm 1,3 a	1034 \pm 56,9
Sem 3	18,2 \pm 0,22	12,1 \pm 1,3 b	962 \pm 57,3
Sem 4	18,4 \pm 0,18	9,78 \pm 1,1 b	856 \pm 48,0
Sem 5	18,2 \pm 0,18	9,38 \pm 1,1 b	850 \pm 48,0
EF			
NGNL	19,5 \pm 0,15 a	12,6 \pm 0,89	981 \pm 38,5
LNG	17,6 \pm 0,19 b	11,1 \pm 1,15	917 \pm 49,7
GNL	17,5 \pm 0,22 b	11,1 \pm 1,35	879 \pm 58,2
Significación de los efectos			
Tiempo	NS	0,01	NS
EF	0,001	NS	NS

NGNL: no gestantes no lactantes; LNG: lactantes no gestantes; GNL: gestantes no lactantes; EF: estado fisiológico; NS: no significativo.

transferencia de energía y un descenso de proteína y grasa al final de la gestación debido al desarrollo fetal que redujo los depósitos de grasa peri-renal determinados mediante ECO.

En la Tabla 4 se muestra la matriz de correlación entre los tres métodos de determinación estudiados. Ambas palpaciones, tanto dorsal como la de la grupa, están positivamente correlacionadas entre sí ($P < 0,001$). A su vez, la dorsal se correlacionó positivamente con la BIA, porque la primera se trata de una palpación que estima el engrasamiento en general a lo largo de la columna y las costillas del animal, cubriendo una gran superficie corporal y percibiendo la presencia de la grasa subcutánea. Y la BIA, por su parte, nos aporta información sobre la resistencia que ofrecen todos los tejidos del animal al paso de la corriente, siendo más elevada cuanto más grasa tiene el animal. Sin embargo, la palpación a la altura de la grupa se correlacionó mejor con la ECO de modo que mayores valoraciones de la palpación en el extremo del tercio posterior de la coneja correspondieron con un mayor grosor de la grasa peri-renal, probablemente debido a la proximidad de ambas regiones. Según Dalle Zotte (2004), el contenido de grasa de la carcasa de los conejos varía ampliamente dependiendo de la porción anatómica estudiada. Así, mientras el tercio posterior resulta tener cantidades moderadas de grasa, la parte del lomo siempre es más magra. Además, se observó que la ECO está correlacionada positivamente con la BIA ($P < 0,05$). Si tenemos en cuenta que la ECO mide los importantes depósitos grasos que las conejas reproductoras tienen en la región peri-renal, si éstos aumentan, también tendrán que aumentar los valores de la BIA. Por esto ambos métodos podrían estar correlacionados.

Hay más correlación entre las puntuaciones corporales dorsales y la cantidad de proteína, grasa y energía estimada con las ecuaciones BIA que con la puntuación dada a partir de la palpación de la grupa (Tabla 5). Cuanto más

TABLA 4. Matriz de correlación entre las estimaciones de la condición corporal mediante Puntuación de la Palpación Corporal (PPC) dorsal y de la grupa, Ecografía (ECO) y Bioimpedancia (BIA) en conejas reproductoras.

	PPC Grupa	ECO	BIA
PPC Dorsal	0,69 ***	0,17 NS	0,25 *
PPC Grupa		0,22 *	0,15 NS
ECO			0,26 *

*: P<0,05;***: P<0,001; NS: no significativo.

TABLA 5. Matriz de correlación entre Puntuación de la Palpación Corporal (PPC) dorsal y de la grupa y Ecografía (ECO) en conejas reproductoras con el contenido en Proteína, Grasa y Energía estimados a partir de las ecuaciones BIA de Pereda (2010).

	Proteína	Grasa	Energía
PPC Dorsal	-0,26 *	0,29 *	0,21 †
PPC Grupa	-0,13 NS	0,13 NS	0,11 NS
ECO	-0,093 NS	0,23 †	0,19 NS

*: P<0,05; †: P=0,06; NS: no significativo.

TABLA 6. Matriz de correlación entre la Puntuación de la Palpación Corporal (PPC) dorsal y de la grupa, Ecografía (ECO) y Bioimpedancia (BIA) el día de la Inseminación con la fertilidad, la prolificidad y los gazapos destetados.

	Fertilidad	Prolificidad	Gazapos destetados
PPC Dorsal	-0,04 NS	0,27 NS	-0,45 ***
PPC Grupa	-0,38 NS	0,14 NS	-0,54 ***
ECO	-0,14 NS	-0,31 †	0,02 NS
BIA	-0,33 NS	-0,19 NS	-0,19 NS
Proteína, (%)	-0,29 NS	-0,58 ***	-0,57 ***
Grasa, (%)	-0,09 NS	0,14 NS	0,10 NS
Energía, kJ/100g	-0,09 NS	0,24 NS	0,03 NS

***: P<0,001; †: P=0,09; NS: no significativo

puntuación alcanzaban en la PPC Dorsal, la concentración estimada de proteína era inferior (P<0,05) y la de grasa superior (P<0,05). La ecografía sólo se correlacionó ligeramente (P=0,06) con el porcentaje estimado de grasa corporal a partir de las ecuaciones de BIA.

Ninguna de las metodologías estudiadas presentó correlaciones significativas con la fertilidad (Tabla 6), mientras que la ECO tuvo tendencia a correlacionarse negativamente con la prolificidad (P=0,09). Por su parte, las mejores puntuaciones dadas por palpación del dorso y grupa del animal y la cantidad estimada de proteína estuvieron negativamente correlacionadas con la cantidad de gazapos destetados (P<0,001). Esto podría ser debido a que las conejas que no producían leche ni estaban gestantes y tenían más proteína, habrían gastado sus reservas energéticas y por eso destetaron menos gazapos.

El grupo experimental de conejas con diferentes estado fisiológicos explica que los parámetros productivos como la fertilidad y la prolificidad se vean afectados presentando un 31% de media en los porcentajes de fertilidad, siendo estos valores bajos teniendo en cuenta que las conejas tenían de 0 a 7 partos. Igualmente se vieron afectados los porcentajes de prolificidad por camada, presentando una media de (3,4%).

Conclusiones

Los diferentes métodos de condición corporal estudiados están correlacionados entre sí, presentando cada uno sus limitaciones, la PPC (subjetividad), ECO (información de depósitos puntuales, mala lectura en gestantes, rasurado) y la BIA (la estimación de la grasa tiene un error alto de predicción). Sin embargo, no nos predicen con seguridad los resultados de fertilidad y prolificidad, por lo que recomendamos seguir realizando investigaciones.

Este estudio confirma la correlación entre las diferentes determinaciones de condición corporal confirmando a través de ellas el considerable desgaste de grasa y energía en el tiempo en el que se solapan la gestación y la lactación en las conejas reproductoras.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos MEC AGL2008-022283 y la Comunidad de Madrid (S2009/AGR-1704).

Bibliografía

- Arias Álvarez M., García-García R.M., Rebollar P.G., Revuelta L., Millán P., Lorenzo P.L. 2009. Influence of metabolic status on oocyte quality and follicular characteristics at different postpartum periods in primiparous rabbit doe. *Theriogenology*, 72:612-623.
- Arias Álvarez M., García-García R.M., Rebollar P.G., Nicodemus N., Millán P., Revuelta L., Lorenzo P.L. 2010. Follicular, oocyte and embryo features related to metabolic status in primiparous lactating does fed with high-fibre rearing diets. *Reprod. Domest. Anim.*, 45:91-100.
- Boletín Oficial del Estado, 2005. Real Decreto 1201/2005. Sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. *BOE*, 252:34367-34391.
- Bonanno A., Mazza F., Di Grigoli A., Alicata M.L. 2005. Assessment of a method for evaluating the body condition of lactating rabbit does: preliminary results. *Ital. J. Anim. Sci.*, 4:560.
- Brun J.M., Ouhayoun J. 1988. Growth performance and carcass traits in three strains of rabbit and their two-way crosses. En *4th World Rabbit Congress*. Budapest, Hungary, pp. 168-176.
- Cardinali R., Dal Bosco A., Bonanno A., Di Grigoli A., Rebollar P.G., Lorenzo P.L., Castellini C. 2008. Connection between body condition score, chemical characteristics of body and reproductive traits of rabbits does. *Livest. Prod. Sc.*, 116:209-215.
- Castellini C., Dal Bosco A., Mugnai C. 2003. Comparison of different reproduction protocol for rabbit does: effect of litter size and mating interval. *Livest. Prod. Sc.*, 83:131-139.
- Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R. 2006. Long term effect of post-weaning rhythm on the body fat and performance of rabbit doe. *Reprod. Nutr. Develop.*, 46:195-204.
- Chilliard Y., Boquier F., Doreau M. 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod. Nutr. Develop.*, 38:131-152.
- Dalle Zotte A. 2004. Dietary advantages: rabbit must tame consumers. *Viandes Production Carnés*. 23:161-167.
- Masoero G., Bergoglio G., Riccioni G., Barge M.T. 1992. Near infrared spectroscopy applied to living rabbits to estimate body composition and carcass and meat traits. A calibration study. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15:810-818.
- Ouhayoun J. 1978. Comparative analysis of rabbit strains different in adult weight. *Doctoral Thesis*, Academy Montpellier, France.
- Pascual J.J., Castella F., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 2000a. The use of ultrasound measurement of perirenal fat thickness to estimate changes in body condition of young female rabbits. *J. Anim. Sci.*, 70:435-442.
- Pascual J.J., Cervera C., Fernández-Carmona J. 2000b. The effect of dietary fat on the performance and body composition in their second lactation of rabbit does. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 86:191-203.
- Pascual J.J., Motta W., Cervera C., Quevedo F., Blas E., Fernández-Carmona J. 2002. Effect of dietary energy source on the performance and perirenal fat thickness evolution of primiparous rabbit doe. *J. Anim. Sci.*, 75:267-279.
- Pascual J.J., Blanco J., Piquer O., Quevedo F., Cervera C. 2004. Ultrasound measurements of perirenal fat thickness to estimate the body condition of reproducing rabbit does in different physiological status. *World Rabbit Sci.*, 121:7-21.



- Pereda N. 2010. *Evaluación de la técnica del Análisis de Impedancia Bioeléctrica para predecir la composición corporal: aplicación en conejas sometidas a diferentes sistemas de alimentación durante la recría. Tesis Doctoral. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid, España.*
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT® SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Steel R.G.D., Torrie J.H. 1993. *Bio Estadística: Principios y Procedimientos. En: 2ª (Ed.). Análisis de la varianza: Clasificaciones Múltiples. Mc Graw-Hill. Inc., U.S.A, pp. 227.*
- Rebollar P. G., Pereda N., Schwarz B.F., Millán P., Lorenzo P.L., Nicodemus N. 2011. *Effect of feed restriction or feeding high-fibre diet during the rearing periodo on body composition, serum parameters and productive performance of rabbit does. Anim. Feed Sci. Technol., 163:67-76.*
- Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Carazollo A., Cossu M.E. 1995. *Effect of dietary energy level, addition of fat and physiological state on performance and energy balance of lactating and pregnant rabbit does. J. Anim. Sci., 61:387-398.*

Composición corporal y datos productivos de conejas primíparas suplementadas con propilenglicol durante largos periodos de tiempo

Body composition and productive parameters of primiparous does supplementing with propylene glycol for long time

Sakr O.G.¹, Crespo R.¹, Velasco B.¹, García-García R.M.², Arias-Álvarez M.², García-Rebollar P.¹, Lorenzo P.L.², Rebollar P.G.^{1*}

¹Dept. Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España

²Dept. Fisiología (Fisiología animal), Universidad Complutense de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 29040 Madrid, España

*Dirección de contacto: pilar.grebollar@upm.es

Resumen

El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos de diferentes métodos de sincronización de celo en conejas inseminadas y destetadas el día 25 post-parto (pp) durante los 2 primeros ciclos reproductivos. Un total de 146 conejas nulíparas gestantes se distribuyeron en 6 grupos experimentales: 1) Control, no se aplicó ningún tratamiento, 2) eCG, recibieron 25 UI de eCG i.m. 48 horas antes de la segunda inseminación (25 días pp), 3) PPG-c, se administró 2,5% Propilenglicol (PG), en el agua de bebida desde el parto hasta el destete, 4) PPG-l, se administró PG desde la mitad de la gestación hasta el destete, 5) PPG-l+eCG y 6) PPG-c+eCG se combinó la suplementación de PPG-l y PPG-c con 25 UI de eCG. Se estudió la evolución del peso y se estimó la composición corporal de las conejas, el consumo de pienso y la producción de leche, así como la fertilidad de la 2ª IA. El peso de la coneja ($P<0,0001$), su contenido en grasa ($P<0,0001$) y energía ($P<0,0001$) descendieron a lo largo de las lactaciones en todos los grupos. Las conejas que tomaron PG más tiempo (PPG-l y PPG-l+ eCG) perdieron más grasa ($P<0,0008$) y energía ($P<0,0015$) que el resto de los grupos durante todo el primer ciclo y la primera semana pp del segundo ciclo. El peso aumentó ($P<0,0001$) y disminuyó ligeramente el contenido en proteína ($P<0,003$) en el segundo ciclo en todos los grupos. Durante la gestación los grupos tratados con PG (PPG-l y PPG-l+eCG) tendieron a comer menos que los controles ($P=0,0943$) y en el primer ciclo, el consumo en lactación de los grupos tratados más tiempo con PG también fue menor que en el grupo control ($P<0,0535$). El consumo en gestación ($P<0,0001$) y en lactación ($P=0,0005$) aumentaron en el segundo ciclo con respecto al primero en todos los grupos. No se observó ningún efecto de los tratamientos sobre la producción de leche ni sobre la fertilidad. El conjunto de los resultados obtenidos indica que cuanto mayor es la duración del suministro de PG al 2,5% en el agua de bebida, más se empeoran las reservas energéticas de las conejas en sus primeros ciclos productivos, reduciéndose el consumo y no observándose mejoras significativas ni sobre su fertilidad ni sobre la producción de leche.

Palabras clave: Coneja, composición corporal, propilenglicol, eCG, consumo, leche, fertilidad.

Abstract

The aim of this work was to compare the effects of different oestrus synchronization methods in rabbits during the two first reproductive cycles, when animals were inseminated and weaned at 25 days post-partum (pp). A total of 146 pregnant rabbit does were distributed in 6 experimental groups: 1) Control, without treatment, 2) eCG, 25 IU eCG injected i.m. 48 h before the second insemination, 3) PPG-c, 2.5% of Propylene Glycol (PG) was added to water from parturition until weaning, 4) PPG-l, PG was added to water from the middle of pregnancy to weaning, 5) PPG-l+eCG and 6) PPG-c+eCG, were the combination of PG and eCG treatments. The body weight and the body composition of does, the feed intake and the milk production, as well as the fertility after the second artificial insemination were determined. Body weight ($P<0.0001$), fat content ($P<0.0001$) and energy ($P<0.0001$) decreased through the lactation period in all the groups. Rabbit does supplemented long time with PG (PPG-l y PPG-l+ eCG) had lower fat ($P<0.0008$) and energy content ($P<0.0015$) than the rest of groups during the first cycle and the first week post-partum of the second cycle. Rabbit body weight increased ($P<0.0001$) and protein content slightly decre-



ased in all groups at the second cycle ($P < 0.003$). Rabbits supplemented with PG (PPG-I and PPG-I+eCG) tend to have a lower feed intake during pregnancy than the control group ($P = 0.0943$) and, at the first cycle, feed intake during lactation of the same groups also was lower than control ($P < 0.0535$). In general, feed intake during pregnancy ($P < 0.0001$) and lactation ($P = 0.0005$) was higher in the second cycle than in the first one. Milk production and fertility were not affected by treatments. Taking together all results, we can conclude that as long is the administration of 2.5% PG in the water, more reduced body reserves of rabbit does are observed along their first productive cycles, decreasing feed intake and without fertility or milk production improvement.

Key words: Rabbit, body composition, propylene glycol, eCG, feed intake, milk, fertility.

Introducción

Una de las causas de las tasas de reposición tan elevadas que existen en los sistemas semi-intensivos de producción de conejos es el gran desgaste que sufre la coneja en post-parto (pp), sobre todo cuando es primípara y lactante. Como consecuencia: i) la fertilidad en madres primíparas se reduce hasta un 40%, siendo mucho menor que en nulíparas (80-90%) o multíparas, ii) se incrementan los intervalos entre partos y el número de inseminaciones necesarias para conseguir gestación, y iii) existen unas pérdidas económicas considerables en la explotación. Por ello se intenta paliar este problema con la aplicación de diversos métodos de sincronización del estro que estimulen el desarrollo folicular, la secreción de estradiol y que desencadenen un estado de receptividad sexual favorable en el momento de la inseminación, con el objeto de inducir adecuadamente la ovulación y mejorar los parámetros productivos (Rebollar et al., 2006a; 2006b). La administración de gonadotropinas como la eCG (Equine Chorionic Gonadotrophine) estimula el desarrollo folicular, sin provocar superovulación, y mejora la fertilidad de las conejas primíparas (hasta un 30%) y de las multíparas lactantes (Rebollar et al., 2006a).

Sin embargo, debido a las restricciones en el uso de hormonas para evitar el consumo de carnes de animales tratados (Directiva 96/22/EC del 29 de abril de 1996) y al rechazo de los consumidores, se estudian otros métodos de sincronización que impliquen mejoras energéticas en las conejas con un beneficio sanitario y de ahorro económico para las granjas cunícolas. Se puede incrementar el nivel energético de la ración justo antes de la cubrición o de la Inseminación artificial (IA) (Fortun-Lamothe, 2006). Una de las sustancias utilizadas y probadas en la alimentación animal por su alto valor energético, es el propilenglicol (PG). Es un alcohol polihídrico incoloro, inodoro, ligeramente acre y dulce al gusto, miscible con el agua y con otros disolventes polares. En la Directiva del Consejo 91/248/EEC (la cual modifica la Directiva del Consejo 70/524/EEC) aparece en la lista de aditivos referenciado como E490, que recoge sus posibles aplicaciones y las cantidades a las que se debe incorporar en la alimentación animal. Es un compuesto precursor de la glucosa con un alto contenido energético (21 MJ Energía bruta/kg), y por ello se ha utilizado para prevenir la cetosis en vacuno lechero (Nielsen e Ingvarsten, 2004; Chung et al., 2009). Estudios anteriores demostraron que en las conejas se podía lograr una recuperación favorable y un aumento de la fertilidad cuando el PG se añadía tras el parto disuelto en el agua de bebida (Luzi et al., 2001). También se ha estudiado su adición al pienso (Nicodemus et al., 2005) y, de esta manera, se observó que disminuía la mortalidad de las conejas y el intervalo de días entre el parto en sistemas con monta natural efectiva. Sin embargo, no se ha estudiado su administración durante periodos prolongados o durante la gestación. Grummer et al. (1994), descubrieron que incrementando la cantidad de PG, se aumentaba linealmente la cantidad de glucosa e insulina y descendían los beta-hidroxibutiratos y ácidos grasos no esterificados (AGNE) en la sangre de terneras Holstein. El objetivo de este trabajo fue evaluar si la aplicación prolongada de PG (al 2,5% en el agua de bebida) y/o el tratamiento con eCG en las conejas lactantes y/o gestantes, puede afectar al peso, composición corporal, consumo de alimento y fertilidad de las conejas durante los dos primeros ciclos reproductivos.

Material y métodos

El trabajo se realizó en el Departamento de Producción Animal de la E.T.S.I. Agrónomos, perteneciente a la Universidad Politécnica de Madrid. Se utilizaron 146 conejas nulíparas gestantes California x Nueva Zelanda Blanco. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación abdominal a los 11 días tras la inseminación. Se alojaron en jaulas metálicas individuales (50 x 70 x 32 cm), con un fotoperiodo constante de 16h de luz por día, una temperatura de 18-22 °C y una humedad relativa de 60-75% mantenida con ventilación forzada. Se alimentaron con un pienso comercial para madres y gazapos *ad libitum* (16,9% proteína bruta, 15,7% fibra bruta, 2,5% grasa y 2.700 kcal/kg de energía digestible; NANTA S.A., Madrid, España), y tuvieron acceso libre al agua de bebida a través de chupetes conectados a un tanque común con una capacidad de 50 litros. El experimento se realizó durante dos ciclos consecutivos:

Ciclo1: desde la mitad de la 1ª gestación hasta la 2ª IA y destete (25 días pp).

Ciclo 2: desde el 1er al 2º destete (25 días pp).

En el control de partos se ajustaron las camadas a 8 gazapos por nido. Sólo se consideraron los datos de las conejas sanas, que no perdieron camadas y que se quedaron gestantes en la 2ª IA. El cebo post-destete se realizó agrupando los gazapos por camadas hasta los 56 días de edad.

Los tratamientos experimentales consistieron en la incorporación de un 2,5% de PG (Propylene glycol USP-EP, DOW, Hamburgo, Alemania) al agua de bebida en dos momentos diferentes del ciclo reproductivo y/o en la utilización de un tratamiento hormonal (eCG: equine Chorionic Gonadotrophin; 25 UI/animal) antes de la 2ª IA (25 días pp). La dilución del PG se realizaba diariamente eliminando los restos del día anterior.

Las 146 conejas nulíparas gestantes iniciales se distribuyeron en 6 grupos durante las dos primeras gestaciones y lactaciones:

- 1) **Grupo Propilenglicol largo (PPG-l):** (n=31) tomaron PG desde el día 15 de cada gestación hasta el día 25 pp correspondiente.
- 2) **Grupo Propilenglicol corto (PPG-c):** (n=23) tomaron PG desde el parto hasta el día 25 pp correspondiente.
- 3) **Grupo hormonal (eCG):** (n=23) recibieron una inyección de eCG vía i.m. 48 horas antes de la 2ª IA (25 pp).
- 4) **Grupo Propilenglicol largo más tratamiento hormonal (PPG-l+eCG):** (n=19) tomaron PG desde el día 15 de gestación hasta el día 25 pp y además, se les inyectó eCG 48 horas antes de la 2ª IA (25 pp).
- 5) **Grupo Propilenglicol corto más tratamiento hormonal (PPG-c+eCG):** (n=25) tomaron PG desde el parto hasta el día 25 pp y además, se les inyectó eCG 48 horas antes de la 2ª IA (25 pp).
- 6) **Grupo control:** no se les administró ningún tratamiento (n=25).

Las IA se realizaron con un pool de semen de varios machos propios de la explotación. Como diluyente del semen se utilizó un conservante comercial (Magapor, Zaragoza, España) y las dosis seminales (0,5 ml) no superaron los 20 millones de espermatozoides por coneja. La ovulación fue inducida con una inyección i.m. de 20 µg de GnRH (Inducel GnRH, Lab. Ovejero, León, España) tras la IA.

Se determinó la fertilidad de la 2ª IA. El peso y la composición corporal (humedad, grasa, proteína y energía bruta) de las conejas se estudiaron en diferentes momentos de los dos ciclos: en pre-parto (2 días antes del parto) y en lactación (a los 7, 14 y 25 días post-parto). La composición corporal se estimó mediante un Análisis de Impedancia Bioeléctrica (BIA; Quantum II, Model BIA-101, RJL Systems, Detroit, MI USA), y aplicando las ecuaciones de predicción obtenidas por Pereda et al. (2010). También se estudió en ambos ciclos el consumo de pienso de las conejas en gestación y en lactación, así como la producción de leche (PL) según la ecuación de De Blas et al., 1995: $[PL = 0,75 (\pm 0,33) + 1,75 (\pm 0,11) PC21; P < 0,001, \text{ con } PC21 = \text{peso de la camada a los 21 días de lactación}]$.

Los animales fueron manejados de acuerdo con los principios para el cuidado de los animales publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2005).

Para analizar el efecto sobre las variables peso y composición corporal de la coneja en diferentes momentos, así como el consumo y la producción de leche, se realizó un análisis de medidas repetidas utilizando el procedimiento MIXED del SAS (Statistical Analysis System, 2001). Como el tratamiento con eCG no influye en estas variables, las determinaciones en los grupos PPG-l+eCG y PPG-c+eCG se consideraron PPG-l y PPG-c respectivamente. De este modo, en el modelo se incluyó el efecto del tratamiento (Control, PPG-l y PPG-c), del tiempo (pre-parto, 7 días pp, 14 días pp, 21 días pp, 28 días pp, 42 días pp y 56 días pp), del ciclo (1º y 2º) y de sus interacciones. Cuando las interacciones no resultaron significativas se excluyeron del modelo. Así mismo, la producción de leche y el consumo en gestación y lactación se han analizado con el tratamiento (Control, PPG-l y PPG-c), el ciclo (1º y 2º) y su interacción como principales fuentes de variación. En el caso de la fertilidad de la 2ª IA se consideraron los 6 tratamientos (Control, eCG, PPG-l, PPG-l+eCG, PPG-c y PPG-c+eCG) como principal fuente de variación utilizando el procedimiento CATMOD del SAS.

Resultados y discusión

El peso y la composición corporal de las conejas variaron a lo largo de la lactación y el ciclo considerado (Tabla 1; $P < 0,0001$). Sin embargo, no fueron afectados por la administración más o menos prolongada de PG ($P > 0,05$). Las conejas tuvieron un peso más elevado 2 días antes del parto debido a la presencia de los fetos a término en el útero.

ro, ya que las camadas pesaron una media de unos 500 g al nacimiento (datos no mostrados). A los 7 días pp, teóricamente habrían perdido unos 270 g, pero en realidad más que perder peso, la primera semana tras el parto las conejas lo recuperaron. De hecho, el día 14 pp siguió aumentando con respecto al día 7 pp unos 50 g de media, mientras que a los 21 días pp volvió a disminuir. Según Parigi-Bini y Xiccato (1998), la ingestión de alimento y las necesidades energéticas de una coneja son crecientes tras el parto y favorecen el que pueda recuperarse en las primeras semanas de la lactación. La producción diaria de leche a lo largo de los primeros 28 días de lactación sigue una evolución cuadrática. Según Plasencia et al. (2010), en la primera semana la producción de leche experimenta un incremento de un 36% (de 53,5 a 72,8 g/d) y en la segunda aumenta en un 30% (de 77 a 101,6 g/d). Probablemente, el ajuste de las camadas a 8 gazapos, realizado al inicio de la lactación, también ha favorecido el leve aumento de peso observado a los 14 días pp. De acuerdo con las diferencias observadas en cuanto a composición corporal (Tabla 1), este incremento de peso se correspondió por una parte, con un incremento en el porcentaje de proteína, debido a que en conejas primíparas todavía existe un crecimiento de tejidos y órganos hasta alcanzar el tamaño adulto (Deltoro y López, 1985) y, por otra, a un incremento en el porcentaje de humedad debido a la concentración de agua del tejido muscular. Ambos componentes (músculo y agua) tienen un reducido valor calórico respecto a la grasa, por lo que la concentración energética de los tejidos del animal se reduce respecto a la observada antes del parto.

TABLA 1. Efecto del tiempo, el tratamiento y el ciclo productivo sobre el peso y composición corporal de conejas reproductoras.

	n	Peso (kg)	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Energía (MJ/kg)
Momento^a						
Pre-Parto	117	4,49 ± 0,03 a	65,0 ± 0,32 c	11,5 ± 0,29 a	17,73 ± 0,02 c	9,41 ± 0,14 a
7 días pp	154	4,22 ± 0,03 c	65,9 ± 0,28 b	8,0 ± 0,26 b	18,15 ± 0,02 b	8,86 ± 0,12 b
14 días pp	146	4,27 ± 0,03 b	66,2 ± 0,29 b	7,9 ± 0,27 b	18,15 ± 0,02 b	8,78 ± 0,12 b
21 días pp	144	4,21 ± 0,03 c	67,0 ± 0,29 a	7,1 ± 0,27 c	18,19 ± 0,02 a	8,42 ± 0,12 c
Tratamiento^b						
Control	187	4290 ± 52,0	65,6 ± 0,36	8,9 ± 0,34	18,05 ± 0,03	9,04 ± 0,16
PPG-c	189	4254 ± 51,5	65,9 ± 0,35	8,7 ± 0,33	18,06 ± 0,03	8,91 ± 0,15
PPG-l	185	4357 ± 51,3	66,6 ± 0,38	8,2 ± 0,36	18,04 ± 0,03	8,65 ± 0,16
Ciclo^c						
Ciclo 1	398	4249 ± 29,7	65,9 ± 0,21	8,7 ± 0,2	18,07 ± 0,02	8,92 ± 0,09
Ciclo 2	163	4351 ± 33,1	66,2 ± 0,29	8,5 ± 0,27	18,03 ± 0,02	8,81 ± 0,12
Significación de los efectos						
Momento (M)		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tratamiento (Tr)		NS	NS	NS	NS	NS
Ciclo (C)		<0,0001	NS	NS	0,003	NS
Mx Tr x C		NS	0,0015	0,0008	NS	0,0015

^a Pre-Parto: 2 días antes del parto, 7, 14 y 21 días post-parto. N: nº de observaciones. ^b Tratamientos: Control: No se administró ningún tratamiento; PPG_C: Toma de PG desde el parto hasta el destete; PPG_L: Toma de PG desde la mitad de gestación hasta el destete. ^c Ciclo1: desde el primer parto hasta el destete, Ciclo 2: desde el 1º al 2º destete. Medias en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes. NS: No significativo.

Sin embargo, a partir del día 21pp, nuestros resultados coinciden con distintos trabajos que confirman las pérdidas de peso y la movilización de reservas, sobre todo en conejas primíparas. Esto es debido a que la producción de leche requiere un gasto energético muy elevado, dada la considerable cantidad de la misma que producen y su gran concentración de materia seca, proteína y grasa (Parigi Bini et al., 1992). Esta producción láctea es incluso más elevada en conejas híbridas seleccionadas y no es compensada completamente por la ingesta voluntaria de pienso, sobre todo en las conejas primíparas (Xiccato y Trocino, 2010). La tercera semana post-parto (21 días pp) coincidió con el pico y estabilización de la curva de lactación y, según Torres et al. (1979), en ese momento una coneja con 8 gazapos está produciendo más de 230 g de leche al día. El elevado poder calórico de la leche de coneja (2.000-3000 kcal/kg) que se caracteriza por un bajo contenido en agua y alto en grasa en comparación con la leche de vaca que tan sólo contiene 750 kcal/kg, supone que cuando se alcanza el máximo de producción las necesidades totales de la coneja son del orden de 4 veces las necesidades de conservación y, por ello, la coneja pierde peso. Según Parigi-Bini et al. (1990), a semejanza de la gestación, el consumo de alimento de las conejas aumenta a lo largo de la lactación en torno a un 60 y un 75%. Pero este aumento es insuficiente para cubrir las necesidades ligadas al mantenimiento y a la producción de leche, con lo que en las conejas primíparas lactantes la pérdida de

energía se mantiene constante a lo largo de la lactación. Esto da lugar a una movilización corporal lipídica importante en todos los grupos. En este sentido, pudimos observar que las proporciones de grasa y la cantidad de energía de las conejas disminuyeron a lo largo del periodo de lactación (4,33% y 0,99 MJ/kg, respectivamente; $P < 0,0001$; Tabla 1).

La diferencia entre conejas primíparas y múltiparas de segundo parto, es decir el efecto del ciclo, sólo se detectó en el peso ($P < 0,0001$) y en el contenido estimado de proteína ($P < 0,05$). El peso se incrementó en +102 g del primer ciclo al segundo, como consecuencia del crecimiento de la masa corporal para alcanzar el peso adulto. La proteína disminuyó pero la variación de este parámetro fue mínima, (de -0,04% en proteína), aunque significativa ($P < 0,01$), pero biológicamente carece de excesiva importancia. Se observó una interacción significativa de los 3 efectos principales (momento, tratamiento y ciclo) sobre el contenido en humedad, grasa y energía de las reproductoras que se muestra en las siguientes figuras.

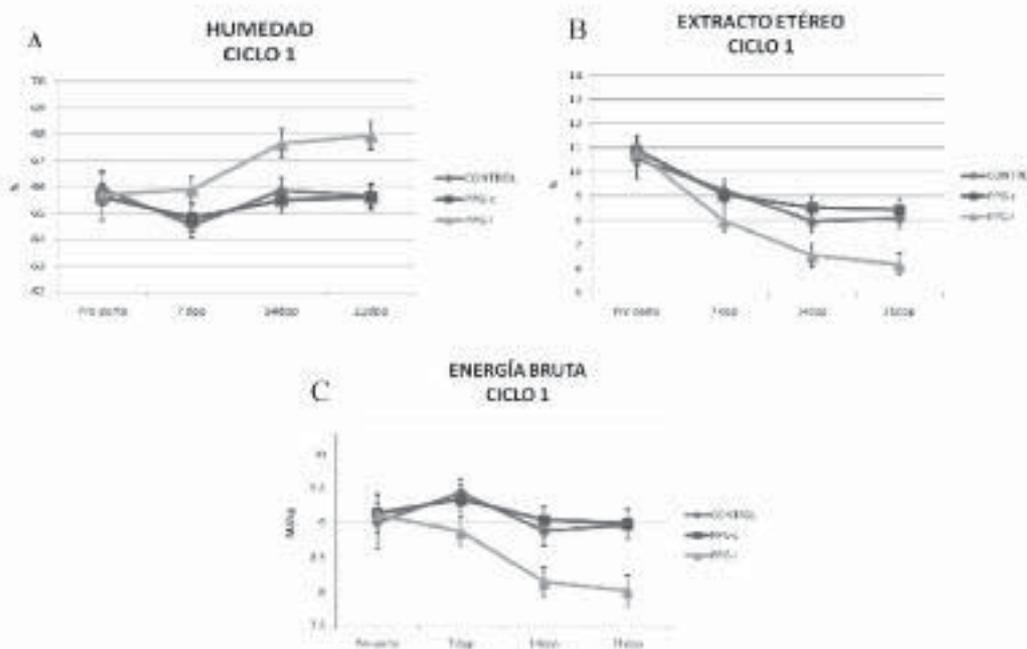


FIGURA 1. Contenido en A) humedad (%), B) extracto etéreo (grasa %) y C) energía bruta (MJ/kg) de conejas primíparas lactantes sometidas a diferentes tratamientos de sincronización de celo durante su primer ciclo productivo. Control: No se administró ningún tratamiento; PPG-c: Suministro de PG desde el parto hasta el destete; PPG-l: Suministro de PG desde la mitad de la gestación hasta el destete.

En el primer ciclo, las hembras independientemente de su tratamiento presentaron inicialmente una concentración de humedad, grasa y energía similar. La pérdida de grasa por el déficit energético supuso un aumento de la concentración de humedad mayor en las conejas que recibían PG desde mitad de la gestación que en las conejas del resto de tratamientos (Figura 1, A). Esto puede ser debido a que las hembras de este grupo movilizaron más grasa (Figura 1, B) y su contenido en energía fue menor a pesar de que llevaban más tiempo con el aporte de PG. Según Xiccato et al. (1995), las dietas suministradas en lactación con un alto contenido energético, ya sea incrementando los niveles de almidón o de grasa, favorecen una mayor producción de leche pero sus beneficios sobre la condición corporal son limitados y el balance energético sigue siendo negativo. El hecho de que durante la lactación disminuyan las reservas de energía a través de la movilización de los tejidos grasos ha sido observado por múltiples autores (Parigi Bini et al., 1992; Xiccato et al., 2005; Pascual et al., 2003; Arias-Álvarez et al., 2010). De la misma forma, y dado que la cantidad de energía está directamente relacionada con la cantidad de grasa y, por tanto, inversamente con la concentración de humedad, la misma tendencia descrita para la humedad se observó tanto para la grasa como para la energía (Figura 1, C).

En el segundo ciclo, el contenido en humedad de las conejas del grupo PPG-l (Figura 2, A), también aumentó bruscamente a los 7 días pp, volviendo a valores similares a los de los otros dos grupos en las últimas fases de la lactación. Este pico a los 7 días coincidió con una gran disminución de tejido adiposo y energía (Figura 2, B y C) en el mismo periodo.

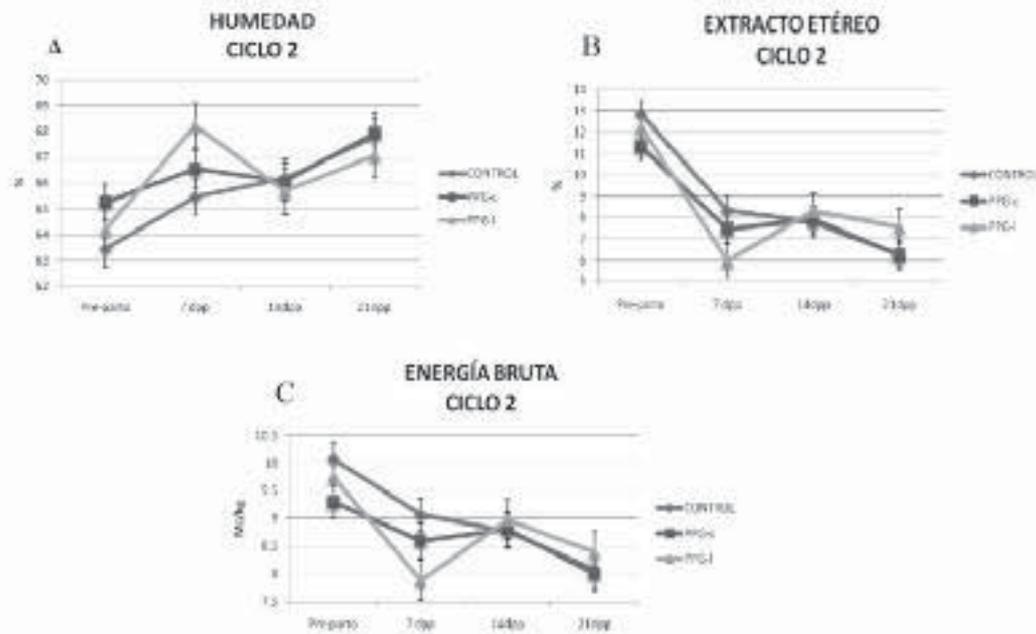


FIGURA 2. Contenido en A) humedad (%), B) extracto etéreo (grasa %) y C) energía bruta (MJ/kg) de conejas primíparas lactantes sometidas a diferentes tratamientos de sincronización de celo durante su segundo ciclo productivo. Control: No se administró ningún tratamiento; PPG-c: Suministro de PG desde el parto hasta el destete; PPG-l: Suministro de PG desde la mitad de la gestación hasta el destete.

El contenido en grasa, por tanto, disminuyó en ambos ciclos y en todos los tratamientos, aunque no de igual forma. En el primer ciclo, en los grupos Control y PPG-c, la concentración de grasa disminuyó de forma paralela (de un 9 a un 8% de media), pero en el grupo PPG-l la caída fue mayor (de un 8 a un 6%) (Figura 1B). En un estudio realizado en vacas lecheras de alta producción (Christensen et al., 1997), se comparó la administración de PG en una sola dosis (administración oral o en una sola toma diaria en el concentrado), frente a la inclusión de la misma dosis en la mezcla Unifeed. La administración de una sola dosis tuvo mayor efecto que la administración en la mezcla Unifeed, ya que disminuyeron los niveles séricos de ácidos grasos no esterificados, se liberó más insulina y se incrementó la gluconeogénesis, con lo que se puede deducir que hubo una reducción considerable en la movilización de grasa. A pesar del diferente comportamiento en los primeros días de lactación, más tarde, a los 21 días después del segundo parto (2ºciclo), la diferencia en el contenido de grasa y energía entre los tratamientos no fue tan grande como en el primer ciclo (Figuras 2 B y C).

Todos los grupos experimentales tuvieron un consumo similar, aunque en gestación se observó una tendencia (Tabla 2; $P=0,0943$) a que las conejas suplementadas con PG comieran menos con respecto a las controles, corroborando lo descrito por Attia et al. (2009) y Heinz et al. (1999), quienes afirman que al suplementar el agua de bebida con 2,5 ó 5 g/l de glucosa o la suplementación con PG en vacuno de leche, respectivamente, disminuyen el consumo diario de alimento.

En este estudio, las conejas del grupo PPG-l y PPG-l+eCG consumieron el PG desde la mitad de la gestación, y es posible que al tener que hacer frente a la demanda energética de la lactación, no fueran capaces de incrementar el consumo como lo hacen los otros dos grupos. Otros autores han estudiado el efecto del suministro de dietas de elevada concentración energética aumentando el contenido en grasa (Parigi-Bini et al., 1996) o en almidón (Pascual et al., 1999). En lactación, se consigue incrementar la ingestión de energía digestible (Pascual et al., 2003) mientras que, generalmente, las hembras gestantes reducen el consumo. Tanto para el consumo en gestación como en lactación se observaron diferencias significativas entre ciclos ($P=0,0001$ y $P=0,0005$, respectivamente), siendo mayor la ingesta en múltiparas que en primíparas como ha sido observado por numerosos autores (Parigi Bini et al., 1992; Xiccato et al., 2004; Pascual et al., 1998). El incremento del consumo en gestación es del 12% y en lactación de un 41,7%. Battaglini y Grandi (1991) han descrito incrementos significativos (5-15%) en el consumo de pienso desde el primer parto al segundo, sin embargo en este trabajo el incremento de la ingestión experimental en lactación fue más elevado. Se observó una interacción significativa entre el tratamiento y el ciclo con respecto al consumo de pienso en lactación ($P=0,054$; Figura 3).

TABLA 2. Efecto del tratamiento y el ciclo productivo sobre el consumo de las conejas reproductoras en gestación y en lactación, y sobre la producción de leche.

Tratamiento ^a	n	Consumo (g/d)		n	Producción de leche ¹ (kg/d)
		Gestación	Lactación		
Control	53	173 ± 4,3	338 ± 7,5	59	4,1 ± 0,09
PPG-c	58	167 ± 3,7	322 ± 6,7	55	4,2 ± 0,09
PPG-l	53	159 ± 4,5	322 ± 7,9	48	4,3 ± 0,01
Ciclo^b					
Ciclo 1	131	157 ± 2,1	312 ± 3,9	121	4,2 ± 0,06
Ciclo 2	33	176 ± 4,3	442 ± 7,5	41	4,2 ± 0,01
Significación de los efectos					
Tratamiento (Tr)		0,0943	NS		NS
Ciclo (C)		0,0001	0,0005		NS
Tr x C		NS	0,0535		NS

^a Tratamientos: Control: No se administró ningún tratamiento; PPG-c: Suministro de PG desde el parto hasta el destete; PPG-l: Suministro de PG desde la mitad de la gestación hasta el destete. ^b Ciclo 1: desde el primer parto hasta el primer destete, Ciclo 2: desde el 1^o al 2^o destete. ¹Producción de leche estimada a día 21 pp. NS: no significativo. N: n^o de observaciones



FIGURA 3. Consumo de pienso de las conejas durante la lactación en dos ciclos consecutivos. Tratamientos: Control: No se administró ningún tratamiento; PPG-c: Suministro de PG desde el parto hasta el destete; PPG-l: Suministro de PG desde la mitad de la gestación hasta el destete. Ciclo 1: desde el primer parto hasta el primer destete. Ciclo 2: desde el 2^o parto hasta el 2^o destete.

En el primer ciclo el consumo en lactación de los grupos tratados con PG fue menor que en el grupo control, sobre todo el de PPG-l. Sin embargo, en el segundo ciclo el consumo de pienso aumentó en todos los grupos, y concretamente en el grupo PPG-l (+58,78 g pienso/día). Esto podría deberse a que la coneja se adapta a la suplementación con PG y, por eso ésta no interfiere en la ingesta, aumentando el consumo de manera compensatoria. La producción de leche no se vio afectada ni por el tratamiento ni por el ciclo. Generalmente las madres multíparas producen más leche que las primíparas (Xiccato et al., 2004), pero la producción de leche también varía en función del tamaño de la camada. Como en este trabajo se hizo un ajuste de camadas a ocho gazapos, no se observaron cambios significativos en producción de leche por coneja entre ciclos. Ni el tratamiento hormonal, ni el PG mejoraron los resultados de fertilidad de la IA realizada el día 25 pp, siendo similar entre grupos y en un rango del 57,1% al 80% (P=0,6883). No obstante, sólo se estudió la fertilidad de las conejas sanas que no abandonaron camadas y consiguieron llevar adelante la 1^a lactación con 6-8 gazapos, con lo que el número de conejas se redujo considerablemente en relación a las que iniciaron el experimento (63 de 146 conejas).

Con los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir que el PG suministrado en tratamientos largos o cortos no resulta en mejoras del peso ni en la composición corporal de las conejas. Además, cuando se aplica durante la gestación y la lactación, no sólo no mejora el balance energético de las conejas, sino que deprime sus reservas energéticas, sobre todo durante la primera semana tras el parto porque reduce el consumo de alimento.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MEC (AGL2008-022283) y la Comunidad de Madrid (S2009/AGR-1704).

Bibliografía

- Arias-Álvarez M., García-García R.M., Rebolgar P.G., Nicodemus N., Millán P., Revuelta L., Lorenzo P.L. 2010. Follicular, oocyte and embryo features related to metabolic status in primiparous lactating does fed with high-fibre rearing diets. *Reprod. Dom. Anim.*, 45:91-100.
- Attia Y.A., El-Hamid A.E.A., Bovera F., El-Sayed M.I. 2009. Reproductive and productive performance of rabbit does submitted to an oral glucose supplementation. *Animal*, 3:1401-1407.
- Battaglini M., Grandi A. 1991. Effetto della fase fisiologica, della stagione e dell'ordine di parto sul comportamento alimentare della coniglia fattrice. En: *Proc. IX Congresso Nazionale Associazione Scientifica Produzione Animale*, Roma, Italy, Vol. I, pp. 465-475.
- Boletín Oficial del Estado, 2005. Real Decreto 1201/2005. Sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. *BOE*, 252:34367-34391.
- Christiansen J.O., Grummer R.R., Rasmussen F.E., Betrics S.J. 1997. Effect of method of delivery of propylene glycol on plasma metabolites of feed-restricted cattle. *J. Dairy Sci.*, 80:563.
- Chung Y.H., Girard I.D., Varga G.A. 2009. Effects of feeding dry propylene glycol to early postpartum Holstein dairy cows on production and blood parameters. *Animal*, 3:1368-1377.
- De Blas J.C., Taboada E., Mateos G.G., Nicodemus N., Méndez J. 1995. Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci.*, 73:1131-1137.
- Deltoro J., López A.M. 1985. Allometric changes during growth in rabbits. *J. Agricultural Sc. Cambridge*, 105:339-346.
- Fortun-Lamothe L. 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.*, 93:1-15.
- Grummer R.R., Winkler S.C., Bertics S.J., Studer V.A. 1994. Effect of propylene glycol dosage during feed restriction on metabolites in blood of prepartum Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 77:3618-3623.
- Heinz E.L., Luzi F., Barbieri S., Zecchini M., Petracci M., Crimella C. 1999. Effect of propylene glycol in the drinking water on the performances of growing rabbits. En: *7th World Rabbit Congress*, 4- 7 July, Valencia, Spain.
- Lebas F. 1971. Composition chimique du lait de lapine. Evolution au cours de la traite et en fonction du stage de lactation. *Ann. Zootech.*, 20:185-191
- Luzi F., Barbieri S., Lazzaroni C., Cavani C., Zecchini M., Crimella C., 2001. Effects de l'addition de propylene glycol dans l'eau de boisson sur les performances de reproduction des lapines. *World Rabb. Sci.*, 9:15-18.
- Nicodemus N., Gómez-Conde M.S., Chamorro S., Rodríguez-Granados J.D., García J., De Blas J.C., 2005. Efecto de la adición de propilenglicol en el pienso sobre los rendimientos de conejas reproductoras. En: *XXX Symposium de Cunicultura*, pp. 107-113.
- Nielsen N.I., Ingvarsen K.L. 2004. Propylene glycol for dairy cows. A review of the metabolism of propylene glycol and its effects on physiological parameters, feed intake, milk production and risk of ketosis. *Anim. Feed Sc. Technol.*, 115:191-213.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M. 1990. Energy and protein retention and partition in rabbit does during first pregnancy. *Cuni-Sci.*, 6:19-29.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M., Dalle-Zotte A. 1992. Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating. *Anim. Prod.*, 55:153-162.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Dalle Zotte A., Castellini C., Stradaioli G. 1996. Effect of remating interval and diet on the performance and energy balance of rabbit does En: *Proc. 6th World Rabbit Congress.*, F. Lebas (Ed), AFC publ., Toulouse France, vol. 1, pp 253-258.
- Parigi-Bini R., Xiccato G. 1998. Energy metabolism and requirements. En: C. de Blas and J. Wiseman (Ed.). *The nutrition of the rabbit*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 103-131.
- Pascual J. J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 1998. Effect of the high fat diets on the performance and food intake of primiparous and multiparous rabbit does. *Anim. Sci.*, 66:491-499.
- Pascual J. J., Tolosa C., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 1999. Effect of high fat diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Anim. Feed Sc. Technol.*, 81:105-117.
- Pascual J. J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 2003. High-energy diets for reproductive rabbit does: effect of energy source. *Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feed and Feeding*, 73:27R-39R.
- Pereda N. 2010. Evaluación de la técnica del Análisis de Impedancia Bioeléctrica para predecir la composición corporal: aplicación en conejas sometidas a diferentes sistemas de alimentación durante la recría. *Tesis Doctoral*. Es-

- cuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.*
- Plasencia F.A., Muelas R., García M.L., Argente M.J. 2010. La lactación de la coneja. 1. Producción. *Boletín de Cunicultura*, 164:39-48.
- Rebollar P. G., Milanés A., Pereda N., Millán P., Cano P., Esquifino A.I., Villarroel M., Silván G., Lorenzo P. L. 2006a. Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe-litter separation or eCG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Anim. Reprod. Sci.*, 93:218-230.
- Rebollar P. G., Milanés A., Pereda N., Millán P., Cano P., Esquifino A. I., Villarroel M., Silván G., Lorenzo, P. L. 2006b. Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe-litter separation or ECG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Anim. Reprod. Sci.*, 93:210-230.
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT® User's Guide (Release 8.2)*. SAS Inst. Inc., Cary NC, USA.
- Torres A., Fraga M.J., De Blas C. 1979. Producción de leche y mortalidad de los gazapos en la raza neozelandesa. *Anal. INIA. Ser. Prod. Anim.*, 10:89-97.
- Xiccato G., Parigi Bini R., Dalle Zotte A., Carazzolo A., Cossu M.E 1995. Effect of dietary energy level, addition of fat and physiological state on performance and energy balance of lactating and pregnant rabbit does. *Anim. Sci.*, 61:387-398.
- Xiccato G., Trocino A., Sartori A., Queaque P.I. 2004. Effect of parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livest. Prod. Sci.*, 85:239-251.
- Xiccato G., Trocino A., Boiti C., Brecchia G. 2005. Reproductive rhythm and litter weaning age as they affect rabbit doe performance and body energy balance. *Anim. Sci.*, 81:289-296.
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Feed and energy intake in rabbits and consequences on farm global efficiency. En: 6th *Inter. Conf. Rabbit Prod. Hot Climates*, Assiut, Egypt, pp 1-18.

Respuesta hipofisaria y ovulatoria de conejas sometidas a diferentes tratamientos de inducción a la ovulación

Ovulatory and pituitary response of rabbits subjected to different treatments of ovulatory induction

Millán P.^{1*}, Villa A.¹, Sakr O.G.², Velasco B.², Rebollar P.G.²

¹ Dept. de Fisiología (Fisiología Animal), Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

² Dept. de Producción Animal, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040 Madrid, España

*Dirección de contacto: pmillanp@vet.ucm.es

Resumen

En el manejo reproductivo de las granjas cunícolas mediante inseminación artificial (IA), por las características reproductivas de esta especie, es necesario utilizar un sistema de inducción a la ovulación, siendo el más utilizado el tratamiento de análogos de la GnRH como la buserelina. La vía de administración del tratamiento puede ser intramuscular (i.m.) y también, intravaginal. En este estudio, hemos valorado la respuesta hipofisaria y ovulatoria a la administración intramuscular (BM) o intravaginal (BV) de buserelina, así como sólo a la deposición de semen puro (SP) o de solución salina (S) intravaginales, sin inducir la ovulación. Para determinar la respuesta hipofisaria a estos tratamientos hemos analizado los niveles séricos de LH hipofisaria a los 0 y 60 minutos de la IA, mediante el desarrollo y validación de un enzoinmunoensayo (EIA) específico para esta especie. La respuesta ovulatoria y de gestación ha sido determinada mediante laparotomía. En los grupos BM y BV se obtuvieron concentraciones séricas de LH más altas que en los otros grupos y similares entre sí a los 60 minutos de la inducción. Las conejas del grupo SP también presentaron incrementos en las concentraciones séricas de LH a los 60 minutos, no tan elevadas como las de los grupos BM y BV, pero significativamente más altas que las del grupo S. Las tasas de ovulación fueron más bajas en los grupos SP y P con respecto a las de los grupos BM y BV. Con los resultados obtenidos, podemos concluir indicando que el tratamiento con buserelina por vía intramuscular como transvaginal provoca incrementos de los niveles séricos de LH que han servido para validar biológicamente el EIA específico para conejo desarrollado en este trabajo y necesarios para que se produzca la ovulación. Además, la respuesta hipofisaria de las conejas inseminadas con semen puro, ha incrementado significativamente la producción de LH frente al grupo inseminado con solución salina, pareciendo indicar que pudiera existir algún factor inductor a la ovulación presente en el semen.

Palabras clave: Conejas, LH, buserelina, ovulación.

Abstract

In rabbit reproductive managements by means Artificial Insemination (AI), it is needed the ovulation induction with GnRH analogues as busereline. Their administration can be intramuscularly (i.m.) or intravaginal with the seminal dose. In this study, we have evaluate the pituitary and ovulatory response to the i.m. (BM) intravaginal (BV) administration of busereline, as well as the sole raw semen (SP) or the saline solution intravaginal deposition without ovulation induction. To study the pituitary response to these treatments we have developed and validated an enzymeimmunoassay rabbit specific to determine serum LH at 0 and 60 minutes post-AI. A laparotomy was made in all does to determine ovulatory and pregnancy response. In BM and BV groups the serum LH concentrations were higher than in the other groups but similar to each other at 60 minutes post-induction. Group SP also showed increased serum LH concentrations at 60 minutes post-AI with respect S group, but not so high as in groups BM and BV. With these results, we could conclude that an intramuscularly and intravaginal treatment can induce a serum LH increasing enough to validating a specific EIA to LH of rabbit. Moreover, the pituitary response of rabbit does inseminated with raw semen has been higher than in the group inseminated only with saline, indicating the presence of some molecule in the semen that could be absorbed from vaginal mucosa to induce ovulation.

Key words: Rabbit does, LH, buserelin, ovulation.

Introducción

La coneja presenta características reproductivas diferentes a otras especies derivadas de la ausencia de un ciclo estral definido y regular ya que, la ovulación es inducida por el coito más que por el “feedback” positivo de los estrógenos. La monta genera un reflejo neuroendocrino que estimula la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) por el hipotálamo (Pau y Spies, 1986; Kaynard et al., 1990), con la consiguiente descarga pre-ovulatoria de la hormona luteinizante (LH) lo que desencadena el proceso de maduración del oocito y la ovulación (Mills y Gerardot, 1984; Pau et al., 2000).

El manejo reproductivo en las granjas de conejos ha cambiado en los últimos 20 años gracias a la introducción de nuevas tecnologías. La inseminación artificial (IA) y la sincronización del celo de las conejas ha reducido en gran medida el tiempo que se dedicaba al manejo de un conejar, permitiendo agrupar las tareas sin excesivo detrimento de la fertilidad ni la prolificidad.

El método de inducción a la ovulación más ampliamente utilizado en las granjas cunícolas consiste en la aplicación de derivados de la GnRH por vía intramuscular en el momento de la inseminación. Recientemente, algunos estudios han demostrado que se puede inducir la ovulación en las conejas incluyendo análogos de GnRH en la dosis seminal (Viudes de Castro et al., 2000, Quintela et al., 2004; Ondruska et al., 2008, Quintela et al., 2008). Estos compuestos se absorberían a través de la mucosa vaginal, evitando, de esta forma, la aplicación intramuscular y obteniendo resultados similares de fertilidad en hembras receptoras. En algunos experimentos realizados en otras especies de ovulación inducida, depositando una dosis intravaginal de semen puro homólogo se han observado respuestas ovulatorias en un elevado porcentaje de hembras (87,5% en camellos; Chen et al., 1985; 100% en llamas; Ratto et al., 2006), sugiriendo la presencia de algún factor en el semen que puede contribuir a estas respuestas. En la actualidad, la respuesta hipofisaria a la deposición de semen puro en la vagina de las conejas no se ha estudiado.

El objetivo de nuestro estudio es comprobar la respuesta hipofisaria y liberación de LH en conejas utilizando un análogo de la GnRH como la buserelina, aplicado tanto por vía intramuscular como intravaginal mezclado con la dosis seminal. Así como comprobar si la deposición de semen puro en vagina puede desencadenar respuestas similares. Para ello se ha desarrollado y validado un ELISA competitivo específico para la determinación de LH de conejos que previamente no existía.

Material y métodos

Se utilizaron un total de 32 conejas (*Oryctolagus cuniculus*) híbridas (Neozelandés blanco x Californiano) y 10 machos como donadores de semen. Los animales fueron alojados en la granja experimental del Dpto. de Producción Animal de la Universidad Politécnica de Madrid (20-25° C, 16 HL: 8 HO). Todas las conejas fueron inseminadas con un catéter estándar de vidrio curvo (22 cm de largo) y se distribuyeron en 4 grupos:

Grupo Buserelina intramuscular (BM): 8 hembras se inseminaron con un pool de esperma fresco heterospermico utilizando una dosis de 20 millones de espermatozoides en 0,5 ml de Tris-citrato-glucosa como diluyente. Para inducir la ovulación se aplicó una inyección intramuscular de 1µg de acetato de buserelina (Suprefact, Hoechst Marion Roussel, SA Madrid, España).

Grupo Buserelina intravaginal (BV): 8 hembras (2L, 2NL, 4 NUL) se inseminaron de forma similar que el grupo BM y la ovulación se indujo con el análogo de la GnRH (acetato de buserelina, Suprefact, Hoechst Marion Roussel, SA Madrid, España) añadido a la dosis seminal diluida (10 µg/0,5 ml).

Grupo semen puro (SP): 8 hembras se inseminaron con semen puro que se obtuvo a partir de 8 machos (0,5 ml/hembra) y recibieron una inyección de solución salina i.m.

Grupo salino (S): 8 hembras se inseminaron con 0,5 ml de solución salina y recibieron también una inyección de solución salina i.m.

La toma de muestras de sangre se realizó en todos los grupos a la misma hora para evitar variaciones circadianas, en la vena auricular externa. La sangre se centrifugó para obtener el suero, que se congeló a -32°C para su posterior análisis. Se tomaron muestras sanguíneas para determinar las concentraciones de LH antes y después de la IA (0 y 60 minutos).

Para estudiar la tasa de ovulación y de gestación, todas las conejas fueron sacrificadas en una cámara de CO₂ (5

min) el día 14 post IA, y se les practicó una laparotomía para poder contar el número de cuerpos lúteos y embriones en el ovario y en el útero, respectivamente.

La LH plasmática de las conejas se analizó utilizando un ELISA de competición desarrollado específicamente para esta especie. Las placas de 96 pocillos se tapizaron con un anticuerpo policlonal anti LH de conejo (AFP-3120489; NIDDK's National Hormone and Pituitary Program, prof. A.F. Parlow (National Hormone and Pituitary Program, Harbor- UCLA Medical Center, Torrance CA, USA). Posteriormente, se añadieron los estándares (AFP-7818C, NIDDK) desde 400 a 0,3 ng/ml y las muestras junto con el conjugado formado por la hormona marcada con biotina. Tras el periodo de competición de la hormona sin marcar y la marcada, se añadió estreptavidina-HRP. Una vez unidas la estreptavidina a la biotina, se añadió el sustrato TMB que reaccionó con la enzima HRP produciendo una reacción coloreada que fue medida con un espectrofotómetro (Epoch, Bio-Tek). Las absorbancias se transformaron en concentraciones utilizando un software Gen 5 (Bio-Tek) refiriendo dichos valores a la curva estándar ajustada. La concentración menor de LH que se pudo distinguir de 0 fue 39,06 pg/pocillo (0,78 ng/ml). Los coeficientes de variación intra- e inter-ensayo fueron siempre inferiores a 5,9 y 9,1 %, respectivamente.

Todos los procedimientos experimentales han sido aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Politécnica de Madrid y cumplen la normativa vigente para el cuidado y uso de animales de experimentación (BOE, 2005).

Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico SAS (SAS/STAT 1999-2001). Las concentraciones séricas de LH se analizaron con el procedimiento MIXED incluyendo la interacción entre tratamientos (BM, BV, SP y S) y el tiempo (0 y 60 min) como efectos principales. Se realizaron dos análisis para comparar las concentraciones séricas de LH: con todas las hembras (ovuladas o no) y solamente con las que ovularon. Las medias se compararon mediante el test t de Student. Las diferencias entre medias se consideraron significativas cuando $P < 0,05$. El efecto de los tratamientos sobre el número de cuerpos lúteos y embriones se analizó con un análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM. El efecto de los tratamientos sobre las tasas de ovulación y gestación se analizó con un χ^2 utilizando el procedimiento CATMOD.

Resultados y discusión

Todos los animales cuya ovulación fue inducida mediante administración de buserelina i.m. o transvaginal, ovularon y tuvieron la tasa de gestación más elevada (Tabla 1). Estas tasas de ovulación son similares a las obtenidas por otros autores (Quintela et al., 2004; Viudes de Castro et al., 2007; Vicente et al., 2008). El grupo inseminado con semen puro presentó una tasa de ovulación más baja y similar al grupo inseminado con solución salina, pero la mitad de las primeras quedaron gestantes. Se puede decir, por tanto, que la respuesta ovulatoria y de gestación a la deposición del semen puro no fue tan eficaz como la administración exógena de la hormona. La introducción del catéter (estímulo nervioso) en los grupos SP y S pudo ser uno de los desencadenantes de la inducción de la ovulación en prácticamente la mitad de los animales y permitió, que la mitad de las conejas del grupo SP quedaran gestantes.

Todas las hembras que ovularon de todos los grupos presentaron un número similar de cuerpos lúteos y tampoco se observaron diferencias en el número de embriones, excepto para las conejas inseminadas con solución salina en las que tal y como se esperaba no quedó ninguna gestante.

Las conejas que ovularon tuvieron concentraciones medias de LH superiores a las que no ovularon ($197,9 \pm 3,1$ vs. $45,9 \pm 4,1$ ng/ml; $P < 0,0001$). Estos valores son superiores a los obtenidos por Quintela et al. (2004) que utilizó

TABLA 1. Tasa de ovulación (TO) y de gestación (TG) de conejas inseminadas e inducidas con buserelina i.m. BM (1 µg/coneja), con buserelina en la dosis seminal BV (10 µg/0,5 ml por coneja), inseminadas con un pool de semen puro de 8 machos (0,5 ml/hembra) y solución salina i.m. (SP), e inseminadas y tratadas con 0,5 ml de solución salina (S).

Grupo	TO (%)	TG (%)	Cuerpos Lúteos ¹	Embriones ²
BM	100 a	70 a	11,0 ± 0,98 a	10,4 ± 1,29 a
BV	100 a	100 a	11,8 ± 0,70 a	12,0 ± 0,68 a
SP	62,5 b	50 b	12,2 ± 0,73 a	13,3 ± 0,75 a
S	50 b	0 c	13,5 ± 1,55 a	0 b

[a, b, c: $P < 0,05$] ¹ Número medio de cuerpos lúteos de las conejas que ovularon. ² Número medio de embriones de las conejas gestantes.

un EIA validado en rata. Probablemente, las variaciones aplicadas a nuestro ensayo (el empleo de un segundo anticuerpo y la amplificación con streptavivina-biotina) han incrementado la sensibilidad de esta técnica aportando mayor sensibilidad y exactitud a la misma.

En la Figura 1 se puede observar que todos los grupos presentaron concentraciones basales medias de LH similares en el momento de la inseminación ($45,9 \pm 4,1$ ng/ml). Sin embargo, a los 60 minutos tanto en el grupo BM como en el grupo BV, los niveles séricos de LH se incrementaron ($251 \pm 35,5$ y $275 \pm 46,2$ ng/ml; respectivamente $P < 0,05$), con respecto a los valores obtenidos a 0 minutos, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Incluyendo hembras ovuladas y no ovuladas, las concentraciones séricas de LH en el grupo S fueron las más bajas, mientras que en el grupo SP tuvieron un valor intermedio ($44,0 \pm 2,85$ y $65,6 \pm 8,44$ ng/ml, $P < 0,05$ respectivamente). Pero además, excluyendo las conejas no ovuladas, en el grupo SP las concentraciones se elevaron a $81,6 \pm 4,4$ ng/ml y en las del grupo S se redujeron aún más ($46,5 \pm 4,96$ ng/ml; $P < 0,001$).

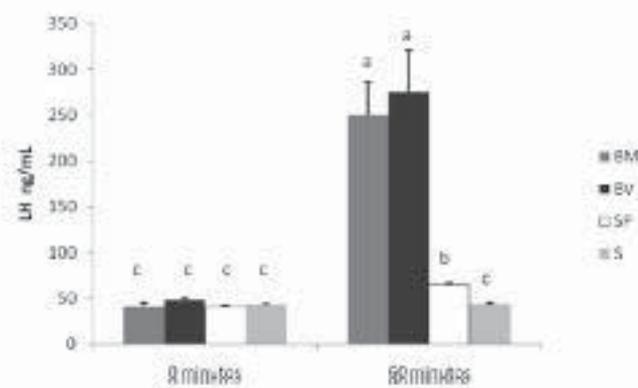


FIGURA 1. Concentraciones séricas de LH de conejas inseminadas e inducidas con buserelina i.m. BM ($1\mu\text{g}/\text{coneja}$), con buserelina en la dosis seminal BV ($10\mu\text{g}/0,5\text{ ml por coneja}$), inseminadas con un pool de semen puro de 8 machos ($0,5\text{ ml}/\text{hembra}$) y solución salina i.m. (SP), e inseminadas y tratadas con $0,5\text{ ml}$ de solución salina (P). (a, b, c: $P < 0,05$).

Tras analizar los resultados podemos indicar que en los grupos tratados con buserelina tanto por vía intramuscular como por vía intravaginal se observa un pico preovulatorio de LH de magnitud semejante, estimulando la liberación de oocitos en la ovulación. Es curioso el resultado de los niveles de LH del grupo SP. Estas conejas no consiguen valores de LH tan altos como los de los animales tratados con buserelina pero sí que lo consiguen con respecto al grupo S, considerado como control negativo. En este último grupo, algún estímulo al inseminar (sujeción, introducción del catéter, i.m. inyección de sol. salina) pudieron ser suficientes como para inducir la ovulación en un 50% de las hembras, demostrando que el estímulo nervioso es muy importante en las conejas receptoras. En el caso de las conejas inseminadas con semen puro, el efecto simultáneo de la deposición del semen y la posible existencia de algún factor en el mismo ha podido aumentar las concentraciones séricas de LH al compararlas con el grupo S. Por lo tanto, podríamos sugerir la posible existencia de alguna molécula que pueda ser absorbida, transportada por el torrente sanguíneo a la hipófisis y que liberaría LH al suero. Silva et al. (2011) han publicado algunas evidencias de que existe dicho factor en el semen de los conejos. Sin embargo, todavía no se conoce su origen, su estructura química ni su acción biológica exacta. En otras especies, se ha sugerido que existen factores en el plasma seminal que podrían contribuir a la secreción de LH (alpacas, Paolicchi et al. (1999); llamas, Ratto et al. (2010)) y, por tanto, inducir la ovulación en hembras receptoras de estas especies que también son de ovulación inducida.

Conclusión

La respuesta hipofisaria a la liberación de LH de las conejas tratadas con un sistema de ovulación con buserelina, tanto por vía intramuscular como intravaginal es similar por lo cual es una ventaja en el manejo de estos animales en los programas de producción cunícola. El incremento de los niveles de LH en conejas inseminadas con semen puro y sin tratamiento inductor a la ovulación, pese a ser inferior a los animales anteriormente mencionados, fue

superior a los animales considerados como controles negativos, indicando que el estímulo nervioso unido a la posible existencia de un factor inductor a la ovulación en el plasma seminal queda por investigar.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido subvencionada por los proyectos AGL08-022283 y CCG10-UCM/SAL-5601.

Bibliografía

- Boletín Oficial del Estado 2005. Real Decreto 1201/2005. Sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. BOE, 252:34367-34391.
- Kaynard A.H., Pau K.Y.F., Hess D.L., Spies H.G. 1990. Gonadotrophin-Releasing Hormone and Norepinephrine release from the rabbit mediobasal and anterior hypothalamus during the mating-induced luteinizing hormone surge. *Endocrinology*, 127:1176-1185.
- Mills T.M., Gerardot R.J. 1984. Dissociation of copulation from ovulation in pregnant rabbits. *Biol. Reprod.*, 30:1243-1252.
- Ondruska L., Parkányi V., Rafay J., Chlebec I. 2008. Effect of LHRH analogue included in seminal dose on kindling rate and prolificacy of rabbits artificially inseminated. In *Abstracts Proceeding of 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona Italy*, (Xiccato G., Trocino A., Lukefhar SD eds.) pp. 122.
- Paolicchi F., Urquieta B., Del Valle L., Bustos-Obregón E. 1999. Biological activity of the seminal plasma of alpacas: stimulus for the production of LH by pituitary cells. *Anim. Reprod. Sci.*, 54 :203-210.
- Pau C.Y., Pau K.Y., Berria M., Spies, H. 2000. Ovarian influence on gonadotropin and prolactin release in mated rabbits. *Endocrine*, 13:25-35.
- Pau K.Y., Spies H.G. 1986. Estrogen-dependent effects of norepinephrine on hypothalamic Gonadotropin-releasing Hormone release in rabbit. *Brain. Res.*, 399:15-23.
- Quintela L.A., Pela, A.I., Vega, M.D., Gullón, J., Prieto, M.C., Barrio, M., Becerra J.J., Maseda, F., Herradón, P.G. 2004. Ovulation induction in rabbit does submitted to artificial insemination by adding buserelin to the seminal dose. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44:79-88.
- Quintela L.A., Peña A.I., Vega M.D., Gullón J., Prieto C., Barriuo M., Becerra J.J., Herradón P.G. 2008. Ovulation induction in rabbit does by intravaginal administration of the GnRH analogue [Des-Gly10, D-Ala6] LHRH ethylamide: field trial. In *Abstracts Proceeding of 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona Italy*, (Xiccato G., Trocino A., Lukefhar SD (eds.) pp. 123.
- Ratto M.H., Huanca W., Adams G.P. 2010. Ovulating-inducing factor: a protein component of llama seminal plasma. *Reproduct. Biol. Endocrinol.*, 8:44.
- SAS/STAT, 1999-2001. SAS 7. STAT User's Guide (Release 8.2). SAS Inst. INC., Cary, NC.
- Silva M., Niño A., Letelier C., Godoy R., Adams G.P., Ratto MH. 2011. Is ovulation-inducing factor present in the seminal plasma of rabbits? *Abstracts of the Society of the Study of Reproduction Meeting*. C-615.
- Vicente J.S., Lavara R., Lavara F., Marco-Jiménez F., Viudes de Castro M.P. 2008. Rabbit reproductive performance after insemination with buserelin acetate extender. *Livest. Sci.*, 115:153-157.
- Viudes de Castro M.P., Lavara R., Marco-Jiménez F., Cortell C., Vicente J.S. 2000. Ovulation induced by mucosa vaginal absorption of buserelin and triptorelin in rabbit. *Theriogenology*, 68:1031-1036.

Relación entre la producción de la coneja y los niveles plasmáticos de NEFA

Relation between the performance of the rabbit does and plasma concentration of non-esterified fatty acids

García M.L.¹, Peiró R.², Muelas R.¹, Argente M.J.¹

¹Dpto. Tecnología Agroalimentaria, Universidad Miguel Hernández de Elche, España

²Dpto. Biotecnología, Universitat Politècnica de València, España

Dirección de contacto: mariluz.garcia@umh.es

Resumen

El objetivo de este trabajo es conocer la relación entre los niveles plasmáticos de NEFA en conejas reproductoras y su nivel productivo. Los niveles de NEFA en plasma son superiores en el primer día de lactación que en el momento de la monta o a los 12 días de gestación. Existe una relación lineal entre los niveles de NEFA y la tasa de la ovulación de la coneja, siendo los niveles más elevados en las conejas lactantes (0,463 mmol/L) en el momento de la monta respecto a las no lactantes (0,304 mmol/L). La relación entre los niveles de NEFA en el primer día de lactación y la producción de leche es lineal, obteniéndose diferentes rectas de regresión en función del tamaño de camada.

Palabras clave: NEFA, tasa de ovulación, producción de leche, coneja.

Abstract

The main objective of this research was to study the relation between plasma concentration of non-esterified fatty acids (NEFA) and the performance of the rabbit females. The NEFA was higher the first day of lactation than at mating or at 12 days of gestation. There was a lineal relation between NEFA and ovulation rate, and also lactating females (0.463 mmol/L) showed higher NEFA than non-lactating females (0.304 mmol/L). The relation between the NEFA at first day of lactation and milk production was lineal, showing different coefficients of regression according to litter size.

Key words: NEFA, ovulation rate, milk production, rabbit female.

Introducción

La capacidad de las hembras reproductoras para movilizar sus reservas corporales en momentos puntuales según su estado sanitario y su vida reproductiva ha sido estudiada por diversos autores. Esta movilización ha sido medida según la variación del espesor de grasa perirenal (Casado et al., 2004; Quevedo et al., 2006a; 2006b) o a través de los niveles plasmáticos de los ácidos grasos no saturados (NEFA) (Xiccato et al., 2005; Brecchia et al., 2006; Theilgaard et al., 2009; Sakr et al., 2010).

En el presente trabajo se estudia la relación entre los niveles plasmáticos de NEFA y la capacidad productiva de la hembra en el momento de la monta y en el primer día de lactación.

Material y métodos

ANIMALES

La experiencia se llevó a cabo en la granja docente de la Universidad Miguel Hernández de Elche, utilizándose un total de 34 hembras. Comenzaron su vida reproductiva a las 17 semanas de edad y produjeron hasta un máximo de 4 partos. Las montas se realizaron 12 días después del parto. El manejo reproductivo seguido en la explotación fue en bandas semanales y el destete se realiza 28 días después del parto.



TOMA DE DATOS

En el momento de la monta

Dos horas después de realizar la monta natural se realizó una extracción de sangre en tubos EDTA. Las muestras fueron centrifugadas inmediatamente y el plasma fue congelado a -20°C hasta su posterior análisis.

A los 12 días de gestación

A los 12 días de todas las gestaciones, excepto en la primera, se realizó una extracción de sangre y se siguió el mismo procedimiento que en el apartado anterior. A las hembras se les practicó una laparoscopia en la segunda, tercera y cuarta gestación según la metodología descrita por Santacreu et al. (1990) y se contabilizó la tasa de ovulación.

El primer día de lactación

En el momento del parto se dividieron las hembras en dos grupos, un grupo de hembras iniciaron la lactación con 5 gazapos y otro grupo con 10 gazapos. Se estimó la producción de leche de la coneja en el primer día de lactación siguiendo la metodología de la doble pesada. Después de la segunda pesada se realizó una extracción de sangre.

DETERMINACIÓN DE NEFA

La concentración plasmática de los NEFA se realizó mediante un ensayo enzimático colorimétrico (Wako chemicals GMBH).

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

- La media por mínimos cuadrados para la concentración de NEFA fue estimada siguiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + ER_i + E_j + H_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} es la variable analizada, μ es la media de la variable, ER_i es el efecto fijo de estado reproductivo de la hembra con 3 niveles (dos horas después de la monta, a los 12 días de gestación y en el primer día de lactación), E_j es el efecto fijo estación con 3 niveles (primavera, verano y otoño), H_{ijk} es el efecto aleatorio de hembra y e_{ijkl} es el error del modelo.

- La media por mínimos cuadrados para la concentración de NEFA en el día de la monta fue estimada con el siguiente modelo:

$$Y_{iklm} = \mu + ER_i + AE_k + OM_l + H_{ijkl} + b \cdot TO + e_{iklm}$$

Donde:

Y_{iklm} es la variable analizada, μ es la media de la variable, ER_i es el efecto fijo estado de lactación con 2 niveles (lactante y no lactante), AE_k es el efecto fijo estación de año con 2 niveles (invierno y verano), OM_l es el efecto fijo orden de monta con 3 niveles (segunda, tercera o cuarta gestación), H_{ijkl} es el efecto aleatorio de hembra, TO es la covariable tasa de ovulación y e_{iklm} es el error del modelo.

- La media por mínimos cuadrados para la producción de leche y la concentración de NEFA en el primer día de lactación fueron estimadas con el siguiente modelo:

$$Y_{iklm} = \mu + TC_i + AE_k + OP_l + H_{ijkl} + e_{iklm}$$

Donde:

Y_{iklm} es la variable analizada, μ es la media de la variable, TC_i es el efecto fijo tamaño de camada con 2 niveles (5 o 10 gazapos), AE_k es el efecto fijo estación de año con 2 niveles (invierno y verano), OP_l es el efecto fijo orden de la lactación con 2 niveles (primera lactación o más), H_{ijkl} es el efecto aleatorio de la hembra y e_{iklm} es el error del modelo.

También se ajustó una recta de regresión entre la producción de leche y la concentración de NEFA entre los dos niveles del tamaño de camada considerados en este trabajo.

Para todos los análisis anteriormente descritos se utilizó el procedimiento MIXED del SAS (SAS, 2008).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los niveles plasmáticos de NEFA de conejas en función del estado reproductivo en el que se encuentran y la estación del año. A las dos horas de haber realizado la monta, la hembra presenta la misma concentración de NEFA que a los 12 días de gestación. Sin embargo, los niveles de NEFA en el primer día de lactación son superiores (0,373 mmol/L). El valor obtenido es inferior al presentado por Theilgaard et al. (2009), tanto los niveles basales (0,44-0,48 mmol/L) como los obtenidos después de administrar un agente adrenérgico (0,53-0,63 mmol/l). En este mismo momento, Xiccató et al. (2005) obtuvieron 115-128 mg/mL en hembras sometidas a diferentes ritmos reproductivos. Brecchia et al. (2006) muestran un rango de variación entre 250 a 1000 mg/L de NEFA dos horas después de provocar la ovulación administrando GnRH en función de diferentes sistemas de alimentación de la hembra.

TABLA 1. Niveles de NEFA en función del estado reproductivo de la coneja y la estación del año.

		Nº datos	NEFA (mmol/L)
Estado reproductivo	Monta	96	0,311 ± 0,019 ^a
	12 días de gestación	100	0,288 ± 0,017 ^a
	Primer día de lactación	62	0,373 ± 0,022 ^b
Estación	Primavera	122	0,356 ± 0,016 ²
	Verano	88	0,311 ± 0,019 ¹
	Otoño	48	0,304 ± 0,027 ^{1,2}

^{ab} Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P < 0,01$); ^{1,2} Distintos superíndices indican diferencias significativas ($P < 0,1$).

La estación del año también afecta a los niveles de NEFA. En verano la coneja produce una media de 0,311 mmol/L de NEFA mientras que en primavera los niveles son superiores (0,356 mmol/L).

La Figura 1 presenta un histograma para los niveles medios de NEFA según la tasa de ovulación, con un valor mínimo de tasa de ovulación de 8 cuerpos lúteos y un máximo de 21 cuerpos lúteos. Los niveles plasmáticos de NEFA presentan una relación lineal con respecto a la tasa de ovulación. La recta de regresión entre las dos variables es la que se cita a continuación:

$$Y = 0,116 (0,009) + 0,015 (0,0006) * X$$

Donde:

Y es la concentración de NEFA en mmol/L; *X* es la tasa de ovulación, entre paréntesis se presenta el error estándar.

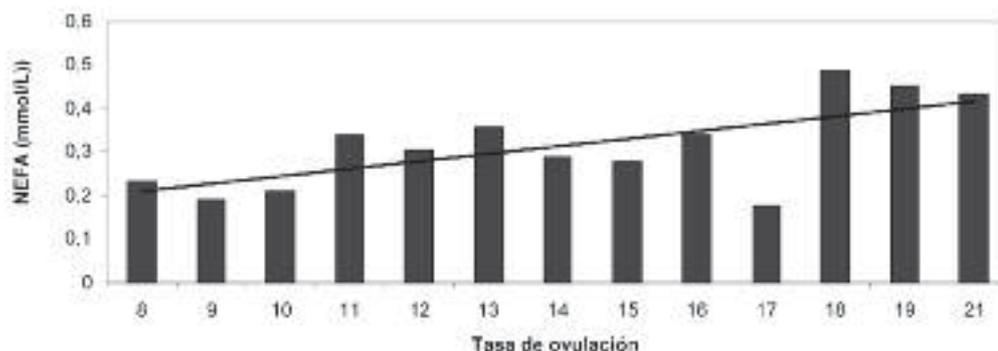


FIGURA 1. Histograma de los niveles medios de NEFA en función de la tasa de ovulación.

El estudio de los niveles de NEFA en el momento de la monta de la coneja se presenta en el Tabla 2. Existen diferencias significativas entre los niveles de NEFA según el orden de monta. En la segunda monta (0,325 mmol/L) los niveles son inferiores a los obtenidos en la tercera monta (0,432 mmol/L), presentando valores intermedios la cuarta monta (0,394 mmol/L).

TABLA 2. Niveles de NEFA en el momento de la monta según el orden de monta, la estación del año y el estado de lactación.

		Nº datos	NEFA (mmol/L)
Orden de monta	Segunda	26	0,325 ± 0,033 ^a
	Tercera	29	0,432 ± 0,030 ^c
	Cuarta	35	0,394 ± 0,030 ^b
Estación	Primavera	26	0,412 ± 0,031
	Verano	64	0,355 ± 0,023
Lactante	No	72	0,304 ± 0,017 ^a
	Si	18	0,463 ± 0,036 ^b

^{a,b} Distintos superíndices indican diferencias significativas (P<0,01)

El sistema de manejo reproductivo seguido en la explotación es en banda semanal con montas 11 días post-paro, por tanto, en el momento de la monta la coneja puede estar lactando la camada del parto anterior. Este efecto resultó significativo, es decir, aquellas conejas que en el momento de la monta se encontraban lactando presentaron mayores niveles de NEFA que las que no se encontraban lactando (0,463 mmol/L vs 0,304 mmol/L, respectivamente).

La producción de leche de la coneja en el primer día de lactación varía en función del número de gazapos que se encuentra amamantando. La coneja produce 53,5 g de leche si está lactando una camada de 5 gazapos frente a los 92,9 g si son 10 los gazapos lactando (Tabla 3). Además, existen diferencias significativas en la producción de leche entre conejas primíparas y multíparas (58,7 g vs 87,7 g, respectivamente). Las conejas con 10 gazapos lactantes presentaron unos niveles medios de NEFA de 0,446 mol/L mientras que las conejas con 5 gazapos presentaron un valor de 0,358 mmol/L. Quevedo et al. (2004) establecieron que las conejas primíparas presentaban un menor peso, una menor ingestión de pienso y una menor producción de leche en los primeros 21 días de lactación de conejas primíparas frente a las conejas multíparas, mientras que la variación del grosor de grasa perirenal fue superior en las hembras primíparas.

TABLA 3. Niveles de NEFA y producción de leche (g) el primer día de lactación según el número de gazapos, el orden de parto y la estación del año.

		Nº datos	NEFA (mmol/L)	Nº datos	Producción leche (g)
Nº gazapos	5	25	0,358 ± 0,059	19	53,5 ± 8,5 ^a
	10	32	0,446 ± 0,064	28	92,9 ± 8,4 ^b
Orden parto	Primípara	8	0,483 ± 0,084	8	58,7 ± 11,5 ^a
	Multípara	49	0,321 ± 0,079	39	87,7 ± 10,3 ^b
Estación	Invierno	6	0,346 ± 0,111	6	79,8 ± 14,2
	Verano	51	0,458 ± 0,067	41	66,5 ± 9,1

^{a,b} Distintos superíndices indican diferencias significativas (P<0,01).

La relación entre los niveles de NEFA en el primer día de lactación y la producción de leche es lineal y las rectas de regresión son diferentes en función del tamaño de camada (P<0,01), siendo para camadas de 5 gazapos de:

$$Y = 0,459 (0,116) - 0,0023 (0,0002) * X$$

Donde:

Y los niveles de NEFA en mmol/L, X es la producción de leche en g, entre paréntesis se presenta el error estándar.

Cuando el número de gazapos lactantes es de 10 gazapos la recta obtenida es:

$$Y = 0,585 (0,148) - 0,0012 (0,0002) * X$$

Donde:

Y los niveles de NEFA en mmol/L y X la producción de leche en g, entre paréntesis se presenta el error estándar.

Como conclusión de este trabajo indicamos que la capacidad de la hembra de movilizar sus reservas corporales, medida como los niveles plasmáticos de NEFA, en momentos críticos desde el punto de vista productivo, como es en la ovulación y en la producción de leche en el primer día de lactación, es determinante para una optimización de su producción. El trabajo debería ser completado con el estudio de los niveles de LH en el momento de la monta y los niveles de prolactina en el momento de la lactación.

Bibliografía

- Brecchia G., Bonanno A., Galeati G., Federico C., Maranesi M., Gobbetti A., Zerani M., Boita C. 2006. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 31:105-122.
- Casado C., Piquer O., Pascual J.J. 2004. *XXIX Symposium de Cunicultura*, 133-136.
- Quevedo F., Pascual J.J., Cervera C., Moya V.J. 2004. *XXIX Symposium de Cunicultura*, 137-141.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J. 2006a. *Anim. Sci.*, 82:739-750.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J. 2006b. *Animal Sci.*, 82: 751-762.
- SAS. 2008. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sakr O.G., García-García R.M., Arias-Alvarez M., Millán P., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. 2010. *Anim. Reprod. Sci.*, 121:294-300.
- Santacreu M.A., Viudes de Castro M.P., Blasco A. 1990. *Reprod. Nutrit. Develop.*, 30:583-588.
- Theilgaard P., Baselga M., Blas E., Friggens N.C., Cervera C., Pascual J.J. 2009. *Animal*, 3(5):637-646.
- Xiccato G., Trocino A., Boita C., Brecchia G. 2005. *Anim. Sci.*, 81:289-296.

CALIDAD DE LA CANAL

- Evaluación de la grasa intramuscular y del contenido en ácidos grasos de la carne de conejo por espectroscopía de infrarrojo cercano

Zomeño C., Juste V., Hernández P.

- Calidad nutricional de la carne de conejo alimentado con pienso enriquecido en Omega 3

Colin M., Camino Callarisa A., Teillet B., Varella E., Prigent A.Y.

- Efecto de factores de riesgo asociados a patologías digestivas en granjas comerciales de cebo sobre la clasificación de canales en matadero

Gullón P., Prieto C., Sánchez del Cueto M., García-Rebollar P., Cachaldora P.

- Valoración anatómica y calidad de la carne de conejos destetados a 28 ó a 42 días

Núñez-Romero N., Rebollar P.G., Villena P., García-Rebollar P.

- Predicción de la composición de la canal de conejo con análisis de imágenes de cortes

Silva S.R., Guedes C.M., Mourão J.L., Pinheiro V.

- Evaluación del análisis de imagen de vídeo para predecir la composición de la canal en conejos

Silva S.R., Mourão J.L., Guedes C.M., Pinheiro V.



Evaluación de la grasa intramuscular y del contenido en ácidos grasos de la carne de conejo por espectroscopía de infrarrojo cercano

Prediction of intramuscular fat and fatty acid content in rabbit meat by near infrared spectroscopy

Zomeño C., Juste V., Hernández P.

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera 14, 46022 Valencia, España
Dirección de contacto: crizose@posgrado.upv.es

Resumen

Se ha estudiado la cantidad de grasa y la composición en ácidos grasos del músculo *Longissimus* de conejo así como el posible uso de la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) para su evaluación. Se han utilizado 137 conejos de 3 líneas sintéticas sacrificados entre 5 y 61 semanas de edad. Los músculos *Longissimus* liofilizados han sido analizados por NIRS y se ha determinado su contenido en GIM y ácidos grasos por análisis químicos. El *Longissimus* presentó un bajo contenido en grasa y elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados. Los resultados de las ecuaciones de calibración mostraron excelente precisión y fiabilidad para GIM ($r^2=0,99$). Para la predicción del contenido en ácidos grasos individuales las ecuaciones obtenidas presentaron una precisión adecuada (r^2 entre 0,93 y 0,97). Las ecuaciones para el conjunto de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados mostraron unas precisiones satisfactorias (r^2 entre 0,90 y 0,98).

Palabras clave: Grasa intramuscular, ácidos grasos, carne, NIRS, conejo.

Abstract

Intramuscular fat (IMF), fatty acid content of Longissimus muscle and their prediction by near infrared spectroscopy (NIRS) were evaluated. 137 rabbits from three different synthetic lines slaughtered between 5 and 61 weeks of age were used for NIRS calibration. Longissimus muscles were freeze-dried, scanned by NIRS reflectance and fat and fatty acid content were chemically analysed. Longissimus showed low fat content and high polyunsaturated fatty acid content. Parameters of calibration equation reported excellent results for IMF ($r^2=0.99$). Prediction of individual fatty acids was appropriate (r^2 between 0.93 and 0.97). Saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids predictions equations were satisfactory (r^2 between 0.90 and 0.98).

Key words: Intramuscular fat, fatty acids, meat, NIRS, rabbit.

Introducción

Actualmente existe un gran interés en reducir la ingesta de grasa y del contenido en ácidos grasos saturados de la carne por su relación con la salud, especialmente con las enfermedades cardiovasculares (Valsta et al., 2005). La carne de conejo presenta un bajo contenido en grasa y un elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados comparada con otras especies. Los ácidos grasos mayoritarios son el palmítico (C16:0), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2), con unos porcentajes superiores al 20% del total de ácidos grasos (revisado por Hernández y Gondret, 2006).

Los métodos químicos que habitualmente se utilizan para determinar el contenido en grasa intramuscular (GIM) y en ácidos grasos de la carne son lentos, laboriosos, caros y destructivos. La espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) es una técnica analítica rápida, precisa y barata por lo que podría ser una alternativa adecuada a estos análisis. Numerosos estudios han confirmado la capacidad de la metodología NIRS para estimar el contenido en GIM

(revisado por Prieto et al., 2009) y en ácidos grasos de la carne en varias especies (González-Martín et al., 2005 en cerdos; Sierra et al., 2008 en vacuno; Guy et al., 2011 en ovino). En conejo, la metodología NIRS ha sido utilizada para estimar el contenido en GIM del *Longissimus* (Masoero et al., 1994) y de la pierna (Pla et al., 2004) aunque el contenido en ácidos grasos únicamente ha sido estudiado por NIRS en la pierna (Pla et al., 2007).

Los objetivos de este estudio son evaluar la cantidad de grasa y su composición en ácidos grasos en el músculo *Longissimus* de conejo, así como obtener unas ecuaciones de calibración NIRS para su evaluación.

Material y métodos

MUESTRAS

Para la calibración NIRS se utilizaron 137 conejos (58 hembras y 79 machos) procedentes de 3 líneas sintéticas diferentes sacrificados entre 5 y 61 semanas de edad. Los animales fueron aturdidos eléctricamente previamente al sacrificio. Después del sacrificio y sangrado, las canales se almacenaron entre 3-5°C. A las 24 horas post mortem se separaron los músculos *Longissimus* de la canal, se picaron, liofilizaron, envasaron a vacío y almacenaron a -80°C hasta el momento de los análisis.

ANÁLISIS QUÍMICOS

El contenido en grasa del músculo *Longissimus* se determinó por triplicado mediante extracción con éter dietílico (Soxtec 1043, FOSS) previa hidrólisis ácida. Los resultados se expresaron como gramos de lípidos por 100 gramos de tejido fresco.

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos (Fame) del músculo *Longissimus* se prepararon según el método descrito por O'Fallon et al. (2007). Los Fame se analizaron en un cromatógrafo de gases Focus equipado con un inyector split/splitless y un detector de ionización de llama. La separación de los ésteres metílicos se realizó en una columna capilar SPTM 2560 (Supelco, PA, USA) (100 m x 0,25 mm x 0,2 µm espesor de film). El gas portador fue el Helio a una velocidad lineal de 20 cm/seg. Las muestras se inyectaron con un ratio de split de 1/100. La temperatura inicial del horno fue de 140°C durante los 5 primeros minutos, después se incrementó hasta 240°C en un intervalo de 4°C/min y se mantuvo a esta temperatura durante 30 minutos. Las temperaturas del inyector y el detector fueron de 260°C. Los ácidos grasos individuales se identificaron comparando sus tiempos de retención con estándares de ésteres metílicos de ácidos grasos proporcionados por Supelco (PA, USA) y se cuantificaron utilizando el C21:0 como patrón interno.

ANÁLISIS NIRS

La recogida de espectros se realizó en un equipo NIRSystem 5000 (rango de longitudes de onda entre 1.100 y 2.498 nm) con cápsulas circulares de cristal de cuarzo de 3,8 cm de diámetro. Se obtuvieron 4 espectros por muestra que se promediaron para el tratamiento quimiométrico posterior con el programa WINISI 4 ver. 1.60 (Infrasoft International, LLC and FOSS). Las ecuaciones de predicción se obtuvieron por regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales modificada (MPLS) y los estadísticos para la elección de la mejor ecuación fueron el error típico de validación cruzada (ETVC), el coeficiente de determinación de la validación cruzada (r^2), el RPD (DT/ETVC) y el RER (Rango/ETVC).

Resultados y discusión

En las Tablas 1 y 2 se muestran los estadísticos descriptivos de los parámetros determinados en el músculo *Longissimus*. El contenido en grasa del *Longissimus* es de 1,33 g/100g (Tabla 1), valores similares han sido observados en este músculo por Pla et al. (2004). El contenido en ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) se muestra en la Tabla 1. Los más abundantes son los SFA, a continuación los PUFA y por último los MUFA. El contenido de PUFA destaca en la carne de conejo ya que supone el 34% del total, porcentaje superior al observado en otras especies como cerdo (18,5%) y ternera (15,2%) (Combes, 2004). El ratio poliinsaturados:saturados es de 0,98, valor por encima del mínimo recomendado (0,45).

Los ácidos grasos mayoritarios (Tabla 2) son el ácido palmítico (C16:0), seguido del oleico (C18:1n-9) y del linoleico (C18:2n-6) con unos porcentajes del 27%, 25% y 21% del total de ácidos grasos, respectivamente. El ácido linolénico (C18:3n-3), aunque solo representa un 1,7%, es importante en la carne de conejo porque su contenido es superior

TABLA 1. Estadísticos descriptivos del contenido en grasa intramuscular (GIM) (g/100g) (n=137) y en ácidos grasos (mg/100g) (n=123) del músculo *Longissimus*.

Parámetro	Media	DT	Rango	CVx100
GIM	1,33	0,58	0,75-3,77	42,9
SFA	374,87	195,09	163,07-1221,04	52,0
MUFA	290,38	198,09	92,21-1110,77	68,2
PUFA	337,05	111,49	144,20-797,22	33,1
P:S	0,98	0,21	0,52-1,62	21,2
n-6:n-3	4,75	0,78	2,89-7,10	16,5

DT: desviación típica. CV: coeficiente de variación. SFA: ácidos grasos saturados. MUFA: ácidos grasos monoinsaturados. PUFA: ácidos grasos poliinsaturados. P:S: ratio polisaturados/saturados. n-6:n-3: ratio ácidos grasos n6/ácidos grasos n3.

TABLA 2. Estadísticos descriptivos del contenido en ácidos grasos (mg/100g) (n=123) del músculo *Longissimus*.

Parámetro	Media	DT	Rango	CVx100
C14:0 (mirístico)	19,66	15,66	3,71-86,27	79,6
C16:0 (palmitico)	265,63	146,16	113,38-925,25	55,0
C16:1 (palmitoleico)	31,58	35,89	3,41-231,49	113,7
C17:0 (margarico)	6,53	3,20	2,08-17,29	49,0
C18:0 (esteárico)	76,08	29,03	39,43-180,25	38,2
C18:1n-9 (oleico)	240,63	156,35	78,09-888,61	64,9
C18:1n-7 (vacénico)	13,53	5,84	3,78-40,21	43,2
C18:2n-6 (linoleico)	203,48	87,95	52,91-589,21	43,2
C18:3n-3 (linolénico)	16,03	10,67	1,37-56,57	66,6
C20:1 (icosaenoico)	2,09	1,94	0,02-10,44	92,8
C20:3n-6 (eicosatrienoico)	4,10	1,00	0,28-8,45	24,4
C20:4n-6 (araquidónico)	49,62	10,78	32,36-99,42	21,7
C20:5n-3 (eicosapentanoico)	12,27	4,22	0,78-22,24	34,4
C22:5n-3 (docosapentanoico)	7,48	2,90	4,39-30,02	38,8
C22:6n-3 (docosahexanoico)	21,82	8,37	10,68-78,99	38,4

DT: desviación típica. CV: coeficiente de variación.

al observado en carne de cerdo (0,55%), pollo (0,49%) o ternera (0,42%) (Combes, 2004). Dentro de los PUFA también hay que destacar el ácido araquidónico (C20:4), de la familia n-6, con un porcentaje del 5%. Aunque el contenido de los ácidos eicosapentanoico (C20:5) y docosahexanoico (C22:6), ambos de la familia n-3, sea limitado (1,3 y 2,2%, respectivamente), hay que destacar su presencia en la carne de conejo por su importancia desde el punto de vista nutricional. El ratio n-6:n-3 es de 4,75, por debajo del valor máximo recomendado (5) (AFSSA, 2001).

La Tabla 3 resume los parámetros estadísticos de las mejores ecuaciones de calibración obtenidas para el contenido en GIM y ácidos grasos del *Longissimus*. Se ha obtenido una ecuación de calibración con excelente precisión y fiabilidad para estimar el contenido en GIM. Resultados similares han sido observados en carne de conejo (Masero et al., 1994; Pla et al., 2004) y otras especies (revisado por Prieto et al., 2009). El contenido de los distintos ácidos grasos también puede ser estimado adecuadamente con NIRS. Las mejores ecuaciones se han obtenido para los ácidos C16:0 y C18:1n-9 ($r^2=0,97$), seguidos del C16:1 y C18:3n-3 ($r^2=0,96$). Las ecuaciones para el C18:0 y C18:2 muestran también una adecuada precisión ($r^2=0,93$ y $r^2=0,94$, respectivamente). Los estadísticos RPD y RER confirman la buena precisión de las ecuaciones anteriores, con valores superiores a los recomendados (RPD>3 y RER>10, Williams y Sobering, 1996). La calibración para el C20:4n-6 presenta una precisión limitada ($r^2=0,63$, RPD=1,65 y RER=6,55) pero en cualquier caso permitiría distinguir entre muestras de contenido bajo, medio y alto dentro de los rangos habituales de dicho ácido graso (Shenk and Westerhaus, 1996). Las ecuaciones obtenidas para el conjunto de SFA y MUFA indican una buena precisión y fiabilidad ($r^2=0,98$ y $r^2=0,97$, respectivamente) y para los PUFA ($r^2=0,90$) una precisión adecuada. En general, los resultados de las ecuaciones de calibración de los ácidos grasos son mejores a los observados previamente en la pierna de conejo por Pla et al. (2007) y en el *Longissimus* de vacuno por Sierra et al. (2008) y son similares a los observados en el *Longissimus* de ovino (Guy et al., 2011) y porcino (González-Martín et al., 2005).

TABLA 3. . Parámetros estadísticos de las ecuaciones de calibración obtenidas para el contenido en grasa intramuscular (GIM) (g/100g) y los ácidos grasos (mg/100 g músculo) del músculo *Longissimus*

Parámetro	N	Media	DT	Rango	ETVC	r ²	RPD	RER
GIM	130	1,32	0,58	3,02	0,06	0,99	9,67	50,33
C16:0	107	235,14	111,40	438,58	19,38	0,97	5,75	22,63
C16:1	96	20,11	18,19	87,3	3,50	0,96	5,20	24,94
C18:0	114	72,87	26,58	140,82	6,83	0,93	3,89	20,62
C18:1 n-9	108	210,00	118,83	469,47	20,57	0,97	5,78	22,82
C18:2 n-6	113	195,54	86,21	537,00	20,96	0,94	4,11	25,62
C18:3 n-3	107	14,69	9,73	52,21	2,03	0,96	4,79	25,72
C20:4 n-6	115	48,21	9,15	36,23	5,53	0,63	1,65	6,55
SFA	111	352,69	188,47	1057,96	26,62	0,98	7,08	39,74
MUFA	107	242,38	134,68	558,62	22,12	0,97	6,09	25,26
PUFA	115	327,81	107,88	653,02	34,81	0,90	3,10	18,76

N: número de muestras, DT: desviación típica, ETVC: error típico de validación cruzada, r²: coeficiente de determinación de validación cruzada, RPD=DT/ETVC, RER=Rango/ETVC. SFA: ácidos grasos saturados. MUFA: ácidos grasos monoinsaturados. PUFA: ácidos grasos poliinsaturados.

Como conclusiones, se han obtenido unas ecuaciones de calibración precisas para estimar el contenido en GIM y en ácidos grasos del músculo *Longissimus* de conejo. El contenido en grasa y su composición en ácidos grasos observado en este estudio confirma las buenas propiedades nutricionales y dietéticas de la carne de conejo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AGL2008-05514-C02 del Ministerio de Ciencia e Innovación y PROMETEO/2009/125 de la Generalitat Valenciana.

Bibliografía

- AFFSA. 2001. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments. Report: The omega 3 fatty acids and the cardiovascular system: nutritional benefits and claims. <http://www.affsa.fr/>
- Combes S. 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRA Prod. Anim.*, 17:373-383.
- Gonzalez-Martin I., Gonzalez-Perez C., Alvarez-Garcia N., Gonzalez-Cabrera J.M. 2005. On-line determination of fatty acids composition in intramuscular fat of Iberian pork loin by NIRS with a remote reflectance fibre optic probe. *Meat Sci.*, 69:243-248.
- Guy F., Prache A., Thomas D., Bauchart D., Andueza D. 2011. Prediction of lamb meat fatty acid composition using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Food Chem.*, 127:1280-1286.
- Hernández P., Gondret F. 2006. Rabbit meat quality. En: Maertens L., Coudert P. (Eds). *Recent Advances in Rabbit Sciences*. ILVO, Belgium, pp. 269-290.
- Masoero G., Xiccato G., Dalle Zotte A., Parigi Bini R., Bergoglio G. 1994. Analysis of freeze-dried rabbit meat by NIRS. *Zootecnia Nutrizione Animale*, 20:319-329.
- O'Fallon J.V., Busboom J.R., Nelson M.L., Gaskins C.T. 2007. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissue, oils, and feedstuffs. *J. Anim. Sci.*, 85:1511-1521.
- Pla M., Pascual M., Ariño B. 2004. Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology. *World Rabbit Sci.*, 12:149-158.
- Pla M., Hernández P., Ariño B., Ramírez J.A., Díaz I. 2007. Prediction of fatty acid content in rabbit meat and discrimination between conventional and organic production systems by NIRS methodology. *Food Chem.*, 100:165-170.
- Prieto N., Roehe R., Lavín P., Batten G., Andrés S. 2009. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. *Meat Sci.*, 83:175-186.
- Shenk J.S., Westerhaus M.O. 1996. Calibration the ISI way. En: Davies A.M.C. and Williams P.C. (Eds). *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. NIR Publications. Chichester, UK, pp. 198-202.
- Sierra V., Aldai N., Castro P., Osoro K., Coto-Montes A., Oliván M. 2008. Prediction of the fatty acid composition of beef by near infrared transmittance spectroscopy. *Meat Sci.*, 78:248-255.
- Valsta L.M., Tapanainen H., Mannisto S. 2005. Meat fats in nutrition. *Meat Sci.*, 70:525-530.
- Williams P.C., Sobering D. 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. En: Davies A.M.C. and Williams P.C. (Eds). *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. NIR Publications. Chichester, UK, pp.185-188.

Calidad nutricional de la carne de conejo alimentado con pienso enriquecido en Omega 3

Nutritional quality of the rabbit meat fed with a feed enriched in Omega 3

Colin M.^{1*}, Camino Callarisa A.², Teillet B.¹, Varella E.², Prigent A.Y.³

¹ Copri, Coat Izella, 29830, Ploudalmézeau, Francia

² Tecnovit, Pol Ind Les Sorts, 43365 Alforja (Tarragona), España

³ EARL 3L, Coat Izella, 29830 Ploudalmézeau, Francia

*Dirección de contacto: copri@wanadoo.fr

Resumen

Diversos trabajos han estudiado la influencia del contenido en omega 3 de la alimentación de conejos sobre los ácidos grasos de su carne, sin embargo son pocos los estudios centrados en el uso de las semillas de lino. Algunas publicaciones (Dal Bosco et al., 2003; Colin et al., 2005) y la base de datos de la explotación agrícola (EARL) 3L, revelan la existencia de una relación directa entre los niveles de ácido- α -linolénico en los piensos y los niveles de omega 3 presentes en la carne de conejo. Además, este enriquecimiento disminuye los niveles de ácidos grasos saturados, los de omega 6 y en consecuencia la relación omega6/omega3 a niveles inferiores a 4. Como resultado, el aporte de 0,65% de ácido- α -linolénico en el pienso mediante semilla de lino, permite obtener un promedio de 967mg de omega 3 por 100g de lomo, 459mg/100kcal y 1004mg de omega 3 por 100g de paletilla, 483mg/100kcal, así pues la alegación "rico en omega 3" sería aplicable. Este enriquecimiento no modifica las propiedades organolépticas de la carne de conejo.

Palabras clave: Calidad de la carne, conejos, lípidos, omega 3, ácido alfa linolénico, lino.

Abstract

Several experimentations have been carried out to study the influence of the omega 3 level in the feed on the rabbit meat level in this fatty acid, but only few of them deals with the use of the flaxseed. Some publications (Dal Bosco et al., 2003; Colin et al., 2005) and the EARL 3L's data bank emphasize a direct connection between the alpha-linolenic acid level in the feed and the omega 3 content of the rabbit meat. Besides, this enrichment decreases the saturated fatty acids level, the omega 6 level and consequently the omega 6/omega 3 ratio below 4. In consequence, the contribution of around 0.65% of alpha-linolenic acid in the feed by using flaxseed allows to bring in average 967mg of omega 3 for 100g of back or 459mg for 100kcal and 1004mg of omega 3 for 100g of shoulder or 483mg for 100kcal and consequently to claim the allegation "rich in omega 3". This enrichment doesn't modify the hedonic characteristics of the rabbit meat.

Key words: Meat quality, rabbits, lipids, omega 3, alpha-linolenic acid, flax.

Introducción

Varios autores (Dalle Zotte, 2000; Weill et al., 2004) han señalado el alto contenido en ácidos grasos omega 3 ("omega 3") en la carne de conejo en relación a otras carnes. Algunos trabajos solamente han estudiado la influencia de la alimentación sobre este parámetro. Estos estudios se han realizado, bien aportando al pienso aceites o harina de pescado, o bien aportando semillas de lino crudas o extrusionadas (Bernardini et al., 1997; Castellini y Dal Bosco, 1997; Bernardini et al., 1999; Dal Bosco et al., 2003; Colin et al., 2005). El resumen de Combes y Dalle Zotte (2005) sobre las cualidades nutricionales de la carne de conejo, no tiene en cuenta el tipo de alimentación seguida, el nivel ni la fuente de omega 3, por lo tanto no permite concluir sobre este tema. Los efectos de este aumento en el contenido de ácido- α -linolénico (ALA) del pienso sobre las propiedades organolépticas de la carne de conejo han sido estudiados (Dal Bosco et al., 2003). Así pues, nuestro estudio busca determinar en qué medida una tasa de ALA mayor en el pienso de conejos, obtenido por adición de semillas de lino, es susceptible de aumentar la tasa de omega 3 de la rabadilla, paleta y muslo. Una vez demostrada esta correlación, el impacto de

un enriquecimiento en ALA del pienso sobre la composición global de las carnes y de sus características organolépticas ha sido también estudiado. Una parte de este trabajo ha sido objeto de una presentación preliminar (Colin, Teillet y Prigent, 2010).

Material y métodos

Esta síntesis se desarrolla en tres partes. La primera parte consiste en poner en evidencia la correlación entre la tasa de ALA en el pienso y la tasa de omega 3 en la carne de conejo. Para ello, se utiliza una fuente bibliográfica (Dal Bosco et al, 2003) y 5 ensayos realizados en la explotación agrícola 3L (EARL 3L), uno de los cuales ha sido objeto de publicación (Colin et al., 2005). En la segunda parte, las consecuencias de un enriquecimiento del pienso en ALA sobre la composición global de la carne de conejo, han sido abordadas para la utilización de un banco de datos realizado en la explotación 3L. Por último se han estudiado los efectos de este enriquecimiento sobre las cualidades organolépticas en dos de los ensayos de la primera parte.

- **Animales objeto de estudio en las pruebas de la explotación agraria 3L:** 1315 conejos de 38 días pertenecientes a la línea Hyplus fueron repartidos en diferentes grupos según su alimentación, piensos (de 2 a 5) de distinto contenido en ALA. Se sacrificaron a la edad de 75 días en un matadero comercial, tomándose muestras aleatorias de las canales para cada grupo de régimen. Las muestras se enviaron al laboratorio del ADRIA LABO en Quimper (Francia) para análisis químico en pool y test organolépticos (Tabla 1).

TABLA 1. Descripción de las pruebas.

Referencias	Año	Genética	Número de conejos	Número de conejos analizados	Realización de test organoléptico
DAL BOSCO et al. 2003	2003	Martini - Italia	120	80	No
EARL 3L- Prueba nº 1	2003	Hyplus - Francia	240	20	No
EARL 3L- Prueba nº 2	2003	Hyplus - Francia	86	20	No
EARL 3L- Prueba nº 3	2004	Hyplus - Francia	76	20	No
EARL 3L- Prueba nº 4/COLIN et al. 2005	2005	Hyplus - Francia	400	70	Sí
EARL 3L- Prueba nº 5	2007	Hyplus - Francia	513	20	Sí
TOTAL			1435	230	2

- **Piensos:** La fuente de ALA utilizada en los piensos es la semilla de lino. En los 5 ensayos realizados en la explotación 3L, se trataba de semilla extrusionada (Tradi-Lin®). La tasa de incorporación de esta materia prima ha sido ajustada voluntariamente, para variar así los niveles de ALA del pienso. Con el objetivo de evaluar los posibles efectos de una variación en el aporte de ALA en los piensos, sobre las características de la carne de conejo, la dieta testigo de las pruebas 4 y 5 ha sido formulada voluntariamente a un bajo índice de ALA, por lo tanto, sin alfalfa ni lípidos añadidos. (Tabla 2).

- **Análisis químico y organoléptico:** Según las pruebas, paletillas, muslos y rabadillas han sido muestreadas en cada lote. Cada uno de los tres tipos de pieza, han sido objeto de análisis químico sobre una muestra media, indicando el contenido en: agua, lípidos extraíbles, proteínas y una caracterización del perfil de ácidos grasos realizada según el método ISO 5508-5509.

TABLA 2. Descripción de piensos.

Referencias	Fuente de ALA	Nivel de ALA en pienso	
		Estándar	Semilla de lino
DAL BOSCO et al. 2003	Semilla de lino	0,41%	1,11%
EARL 3L- Prueba nº 1	Semilla de lino extrusionada	0,22%	0,01% / 0,01 % / 1,27 % / 1,36 %
EARL 3L- Prueba nº 2	Semilla de lino extrusionada	0,22%	0,71%
EARL 3L- Prueba nº 3	Semilla de lino extrusionada	0,23%	0,87%
EARL 3L- Prueba nº 4/COLIN et al. 2005	Semilla de lino extrusionada	0,06%	0,80%
EARL 3L- Prueba nº 5	Semilla de lino extrusionada	0,03%	0,65% / 0,66%

Los test organolépticos o hedónicos, se han realizado en los ensayos 4 y 5 mediante una prueba de degustación realizada en torno a 150 consumidores (60 por ensayo y pieza) de más de 18 años, mitad mujeres y mitad hombres y consumidores habituales de carne de conejo. Las piezas, cubiertas con papel de aluminio, fueron cocinadas a 250°C en horno de vapor de bajo flujo. Para cada parte de conejo, todos los consumidores recibieron un trozo correspondiente a los 2 tratamientos. Cada trozo fue calificado del 1 al 7 (con nota 1: extremadamente desagradable y nota 7: extremadamente agradable) para 5 criterios: apreciación global, aspecto visual, olor, calidad de gusto, textura. Además, preguntas abiertas permitían a los jueces explicar su elección en caso necesario.

- **Análisis estadísticos:** Los resultados de los test organolépticos se analizaron bajo un test de Student.

Resultados y discusión

- **Correlación entre los niveles de ALA del pienso y los niveles de la carne:** La recopilación de diferentes datos, muestra una correlación importante entre la tasa de ALA del pienso y la tasa de omega 3 de la carne de conejo, sin importar la pieza: $R^2=0,79$ en rabadilla, $R^2=0,81$ en paleta y $R^2=0,72$ en muslo (Figura 1). El enriquecimiento del pienso en ALA, modifica la composición de los lípidos de la carne de conejo con un aumento de los niveles de omega 3.

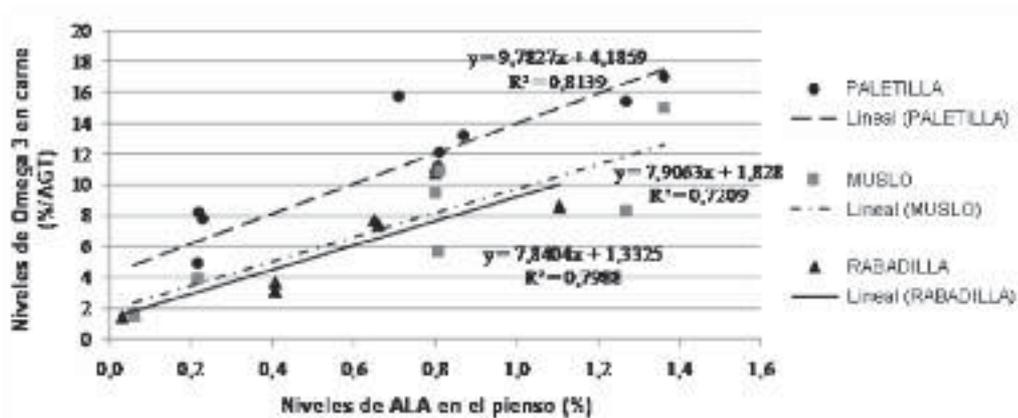


FIGURA 1. Efecto del nivel de ALA del pienso sobre el nivel de omega 3 de 3 piezas.

- **Consecuencia sobre la composición global de la carne de conejo:** La segunda parte de este trabajo, consiste en comparar la composición global entre conejo estándar (“std”), es decir inferior a 0,2% de omega 3 en la carne, y el conejo llamado “Lino”, que contiene entre 0,5% y 0,8% de omega 3 en la carne. Para ello, se ha utilizado el conjunto de análisis realizado en la explotación 3L desde 2003, correspondiendo a 62 análisis de 686 piezas. Los valores nutricionales de las piezas de conejo estándar, son conformes a los valores encontrados en la bibliografía (Gigaud y Combes, 2008; Mourot, 2010).

El enriquecimiento del pienso en ALA conlleva un aumento de lípidos en rabadilla y paletilla, dado que el pienso es más rico en lípidos. Por el contrario, según los datos de Bernardini et al. (1997), el fenómeno dado en muslo es inverso. Además, este enriquecimiento en ALA disminuye sistemáticamente el valor de ácidos grasos saturados y aumenta el de ácidos grasos insaturados, observaciones que se confirman por Bernardini et al. (1999) y Dal Bosco et al. (2003).

Sistemáticamente también disminuye el nivel de omega 6. Así, la relación omega 6/omega 3 se sitúa por debajo de 4.

Aportar alrededor de 0,65% de ALA en el pienso en forma de semilla de lino, permite aportar una media de 967mg de omega 3 por 100g de rabadilla o lo que es lo mismo 459mg/kcal, 1004mg de omega 3 por 100g de paletilla o 483mg/100kcal y solamente 63mg de omega 3 por 100g de muslo o 66mg/100kcal (Tabla 3). Así, la rabadilla y la paletilla pueden catalogarse como “rico en omega 3”.

- **Consecuencias sobre las características organolépticas de la carne de conejo:** Los distintos test hedónicos realizados en las pruebas 4 y 5 no han mostrado ninguna diferencia entre las 2 dietas (Tabla 4). La aceptabilidad li-

TABLA 3. Composición química de la carne.

Tipo de conejos	Rabadilla				Paletilla				Muslo			
	Std	Lino	Std	Lino	Std	Lino	Std	Lino	Std	Lino	Std	Lino
Número de análisis	2	9	1	44	1	44	1	5				
Número de conejos	45	105	35	411	35	411	35	55				
	Media	Media	E.T.	C.V.	Media	Media	E.T.	C.V.	Media	Media	E.T.	C.V.
ALA (%) en pienso	0,05	0,66	0,05	7,8	0,06	0,63	0,04	6,6	0,06	0,69	0,06	9,1
Composición general												
Humedad (%)	67,7	66,1	3,9	5,8	70,2	65,1	3,0	4,6	73,6	75,5	nc	nc
Lípidos (%)	11,9	13,6	5,5	40,6	8,5	15,3	3,6	23,8	2,0	1,1	0,2	18,4
Proteínas (%)	20,2	19,6	0,9	4,6	19,2	17,8	1,7	9,7	21,8	21,2	0,2	0,8
Composición de lípidos												
AGS (%)	36,0	31,4	2,9	9,1	37,8	33,6	3,2	9,6	36,8	34,6	2,2	6,3
AGMI (%)	32,5	37,0	7,1	19,2	30,9	38,4	6,8	17,7	34,2	33,3	3,7	11,2
AGPI (%)	31,0	31,4	5,9	18,8	30,8	27,2	5,1	18,6	28,2	31,9	3,8	11,8
Omega 6 (%)	29,2	22,7	6,3	27,6	28,1	19,3	2,8	14,7	26,5	24,4	2,6	10,5
Omega 3 (%)	1,5	8,5	1,2	14,3	1,7	7,8	3,1	39,7	1,6	7,2	1,4	19,1
Omega 6 / Omega 3	19,4	2,7			16,5	2,5			16,6	3,4		
Contenido en 100g o 100kcal de carne												
Omega 3 (mg por 100g)	155	967	414	42,8	121	1004	304	30,3	27	63	7	11,6
Omega 3 (mg por 100kcal)	83	459	122	26,7	79	483	153	31,6	26	66	8	11,4

TABLA 4. Resultados de tests organolépticos.

		Rabadilla		Paletilla		Muslo	
		Estándar	Lino	Estándar	Lino	Estándar	Lino
Número de consumidores		60	60	60	60	30	30
Global	Media / 7	4,10	4,30	4,60	4,55	4,60	4,20
	Margen-Tipo	1,79	1,50	1,53	1,55	1,30	1,60
Apariencia	Media / 7	4,25	4,70	4,50	4,45	4,80	4,70
	Margen-Tipo	1,63	1,57	1,68	1,54	1,40	1,50
Olor	Media / 7	4,10	4,55	4,70	4,55	4,50	4,30
	Margen-Tipo	1,70	1,56	1,48	1,46	1,40	1,50
Gusto	Media / 7	4,10	4,35	4,55	4,50	4,40	4,00
	Margen-Tipo	1,74	1,63	1,57	1,64	1,40	1,50
Textura	Media / 7	4,05	4,20	4,55	4,50	4,40	4,30
	Margen-Tipo	1,75	1,75	1,61	1,70	1,50	1,60

geramente superior señalada por Dal Bosco et al. (2003) a favor del lote enriquecido con ALA (los demás parámetros no cambian) no han sido evidenciada en estas pruebas.

Los pocos consumidores que señalaron la existencia de un sabor de boca (de 2 a 7 sobre 60 según los trozos y tratamientos) mantuvieron opiniones totalmente divergentes en cuanto a los gustos mencionados (amargo, sangre, corcho, químico, ahumado, cerdo, carne de caza) y las proporciones fueron equivalentes en los conejos de los 2 orígenes. La hipótesis del desarrollo de sabores desagradables debido a la oxidación de ácidos grasos insaturados aparece invalidada por estos dos casos, probablemente debido a la presencia de lignanos en las semillas de lino, a los que se atribuyen propiedades antioxidantes.

Conclusiones

Esta síntesis demuestra una relación directa entre el aporte de ácido linoléico en el pienso y los niveles de omega 3 en la carne de conejo, sea cual sea la pieza. Este enriquecimiento permite disminuir al mismo tiempo la tasa de ácidos grasos, la tasa de omega 6 y por lo tanto la relación omega6/omega3. El aumento de la tasa de ALA en el pienso permite obtener productos (por ejemplo, rabadilla y paleta) con alto contenido en omega 3 por 100g o 100kcal de carne, sin que exista modificación de las características organolépticas de los productos. Tales niveles permiten alegar el contenido en omega 3 de esta carne y especialmente reivindicar la denominación "rico en omega 3" difícilmente de obtener para los productos cárnicos.

Bibliografía

- Bernardini M., Castellini C., Dal Bosco A. 1997. Livello di omega 3 nella carne di coniglio in relazione al contenuto della dieta. Atti XII Congresso Nazionale ASPA. Pisa (Italia); pp. 23-26.
- Bernardini M., Castellini C., Dal Bosco A. 1999. Effect of dietary n-3/n-6 ratio on fatty acid composition of liver, meat and perirenal fat in rabbits. *Anim. Sci.*, 68:647-654.
- Castellini C., Dal Bosco A. 1997. Effect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acid content of rabbit meat. *Proc. Symposium Food and Health: Role of animal products*. Milano Ed Elsevier, pp. 67-71.
- Colin M., Raguenes N., Le Berre G., Charrier S., Prigent A-Y., Perrin G. 2005. Influence d'un enrichissement de l'aliment en Oméga 3 provenant de graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) sur le profil d'acides gras de la graisse et sur les caractéristiques hédoniques de la viande de Lapin. 11ème Journée de la Recherche Cunicole. Paris (France). 29-30 Novembre 2005; pp. 163-166.
- Colin M., Teillet B., Prigent A-Y. 2010. Qualités nutritionnelles de la viande de lapin recevant un aliment enrichi en acide alpha-linolénique. 8ème Journées Francophones de Nutrition. Lille (France). 8-10 Décembre 2010; S97.
- Combes S., Dalle Zotte A. 2005. La viande de Lapin: valeur nutritionnelle et particularités physiologiques. 11ème Journée de la Recherche Cunicole. Paris (France). 29-30 Novembre 2005; pp. 167-180.
- Dal Bosco A., Castellini C., Bianchi L., Mugnai C. 2003. Effect of dietary alpha-linolenic acid and vitamin E on acidic composition, storage stability and sensory characteristics of rabbit meat. *Meat Sci.*, 66:406-413.
- Dalle Zotte A. 2000. Propriétés spécifiques de la viande de Lapin. Jornadas Internacionais de Cunicultura. Vila Real (Portugal). 24-25 novembre 2000.
- Gigaud V., Combes S. 2008. The effect of decreasing the omega 6 / omega 3 ratio in feed on fatty acid content of rabbit meat to meet human dietary recommendations. 9th World Rabbit Congress. Vérone (Italie). 10-13 Juin 2008; pp. 1353-1358.
- Mourot J. 2010. Que peut-on attendre des pratiques d'élevage pour la viande de porcs et autres monogastriques ? *OCL-OL Corps Gras Li*. Janvier - Février 2010; 17 : pp. 39-42.
- Weill P., Chesneau G., Normand J., Mourot J., Colin M. 2004. Qualité lipidique des viandes. Effet du régime ou de l'espèce ? Quelques observations sur bovins, porcs, lapins et poulets. *Nutr Clin Métab.*, 18: 71.

Efecto de factores de riesgo asociados a patologías digestivas en granjas comerciales de cebo sobre la clasificación de canales en matadero

Effect of risk factors related to rabbit digestive pathologies in commercial farms on carcass classification at the slaughter house

Gullón P.², Prieto C.¹, Sánchez del Cueto M.¹, García-Rebollar P.^{2*}, Cachaldora P.³

¹COGAL SCG., 36530 Rodeiro (Pontevedra), España

²Departamento de Producción Animal, UPM, 28040 Madrid, España

³COREN SCG., 32003 Ourense, España

*Dirección de contacto: paloma.grebollar@upm.es

Resumen

En los sistemas de manejo en bandas, un retraso del crecimiento de los conejos debido a patologías digestivas disminuye el peso final enviado a matadero y puede aumentar la heterogeneidad de pesos del lote. En este trabajo se ha estudiado el efecto de varios factores asociados a la incidencia de patologías entéricas infecciosas en granjas comerciales de conejos sobre la clasificación de las canales en categorías de peso en el matadero. Los resultados muestran una elevada correlación entre la mortalidad en cebo, el recuento de ooquistes en heces y de esporas en el polvo ambiental de las instalaciones sobre la proporción de canales asignadas a cada clase de peso. La mejora del estado sanitario de los gazapos durante el cebo aumenta el precio medio percibido por animal y, por tanto, mejora el resultado económico obtenido por las explotaciones.

Palabras clave: Clasificación canales, mortalidad, coccidios, conejos.

Abstract

*In batch management systems of rabbits, a delay of gain weight over the fattening period decreases final weight and might increase weight heterogeneity of the batch at slaughtering. This work has studied the effect of some factors related to infectious enteric pathologies at fattening commercial farms on carcass classification by weight at the slaughter house. Results show that mortality, number of oocysts in hard faeces and *C. perfringens* in dust samples of the farms are highly correlated to the proportion of carcasses allocated to each weight category. The improvement of health status of fattening rabbits increases the average price by animal at the slaughter house, and therefore the economic results of farms.*

Key words: Carcass classification, mortality, coccidia, rabbit.

Introducción

Las patologías digestivas durante el cebo son uno de los principales factores que afectan a la productividad y, por tanto, a la rentabilidad de las explotaciones cunícolas. La mayoría (80%) de las patologías digestivas son de naturaleza multi-factorial en las que están implicados varios agentes patógenos (Petters et al., 2000). Aunque el manejo de la alimentación es esencial para el control de patologías entéricas (de Blas et al., 2002), otros factores como las condiciones ambientales y el estado sanitario de las instalaciones tienen también un efecto importante. En este sentido, la generalización del manejo en bandas y un mayor control de la higiene ambiental han demostrado reducir la mortalidad y la incidencia de ERE en granjas comerciales (Licois et al., 2006). En el sistema de manejo en bandas, los animales son enviados al matadero a una fecha previamente establecida. Por tanto, un retraso en el crecimiento de los gazapos supone una disminución del peso final al sacrificio y una reducción de los resultados económicos para el productor. Además, en la mayoría de los casos el precio percibido por los ganaderos depende no só-

lo del peso vivo del lote (obtenido en granja o en matadero) y del peso canal, sino también de la clasificación de las canales por categorías de venta (primeras, segundas, decomisos, etc.) y por clases de pesos. La influencia de las patologías digestivas durante el cebo ha sido evaluada en muchos trabajos tanto en términos de disminución de los resultados productivos durante el cebo como de pérdidas en rendimiento canal. Sin embargo, su influencia sobre la clasificación de canales en matadero no ha sido estudiada. El objetivo de este trabajo ha sido cuantificar el efecto de diferentes factores de riesgo asociados a la incidencia de patologías digestivas en granjas comerciales de conejos sobre la clasificación de canales en categorías de pesos en el matadero.

Material y métodos

En este trabajo participaron 16 granjas comerciales y una granja experimental localizadas en distintas zonas de Galicia. Todas las granjas utilizaban un manejo en bandas a 42 d, con destetes a 32-35 d y duración del cebo de 28-40 d ($35,0 \pm 2,6$ d). Se controlaron 3-4 ciclos de cebo sucesivos (56 ciclos en total) en cada granja y un total de 218.233 gazapos al inicio del cebo. En todos los ciclos se registró diariamente la mortalidad de los gazapos durante el cebo. Semanalmente se tomaron muestras representativas de heces duras, recogidas debajo de varias jaulas, en las que se analizaron el número de ooquistes (mediante conteo en cámara de McMaster). Las condiciones de higiene ambiental se evaluaron mediante el conteo de esporas de *C. perfringens* en una muestra de polvo tomada en los ventiladores de las naves en cada ciclo de cebo. Los conejos fueron sacrificados en un matadero comercial donde se registró el peso canal de cada lote de cebo, la clasificación individual de las canales por categorías de peso y el número de canales por clase. Se establecieron 7 categorías de peso: clase 1 (<0,8 kg), clase 2 (0,8-1,0 kg), clase 3 (1,0-1,1 kg), clase 4 (1,1-1,2 kg), clase 5 (1,2-1,3 kg), clase 6 (1,3-1,5 kg), clase 7 (>1,5 kg). La estimación del precio medio por animal enviado al matadero en cada lote de cebo se realizó suponiendo un precio de 0 €/kg para canales de clase 1 y de 1,8 €/kg canal para el resto de clases. Además, se realizaron controles analíticos de la calidad microbiológica (aerobios mesófilos, coliformes totales, enterobacterias, *Salmonella*, *Listeria* y *Staphylococcus aureus*) de 4-5 muestras de canales en cinco ciclos consecutivos de cebo procedentes de ocho de las explotaciones estudiadas. Para el análisis de resultados se utilizó el procedimiento REG del paquete estadístico SAS (1990) con los valores medios por ciclo de cebo, excepto para la calidad microbiológica de las canales donde se analizaron las medias por granja.

Resultados y discusión

El rango de variación de la proporción de canales clasificadas en las distintas categorías de peso para los ciclos de cebo estudiados en este ensayo se presenta en la Figura 1. Los resultados obtenidos muestran una elevada variabilidad para cada una de las clases. Así en la clase 1, que corresponde a canales que no tienen valor comercial por su bajo peso, el rango es de 23,2 unidades entre las diferentes partidas. Por otra parte, este rango de variación se duplica (48,4 unidades) para la proporción de canales clasificadas en la categoría superior (clase 7), un aumento de la cual supone una ventaja para el ganadero, al corresponderse con un mayor peso medio y, por tanto, con un mayor precio de venta por animal.

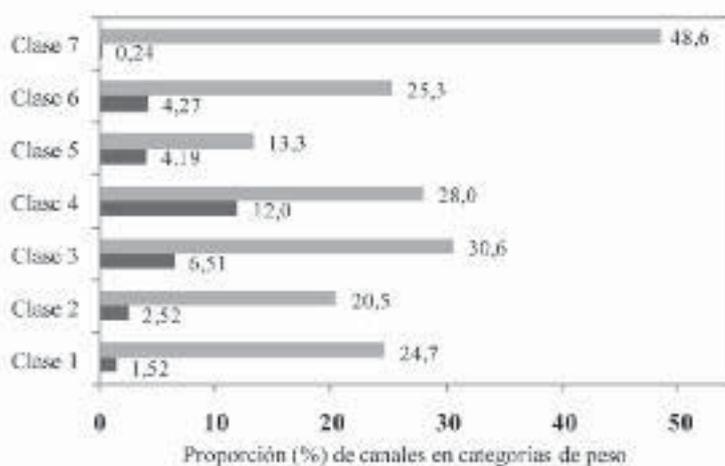


FIGURA 1. Rango de variación de la distribución (%) de las canales en categorías de peso por ciclo de cebo (n=56).

El análisis de la variabilidad observada en función de los factores estudiados en este ensayo, muestra la existencia de correlaciones significativas entre la distribución de las canales por categorías de peso y la mortalidad media en los ciclos de cebo correspondientes (Tabla 1). Los resultados indican que una mayor mortalidad está asociada con una mayor morbilidad y, por tanto, con retrasos en el crecimiento. Un menor crecimiento está siempre relacionado con un peso medio inferior de la canal cuando las granjas de conejos se manejan en bandas. La variabilidad no explicada sugiere también la existencia de otros factores que pueden modificar la distribución por categorías de peso de las canales en matadero. A pesar de su relevancia, este parámetro ha sido poco estudiado en ensayos de investigación. En la Tabla 1 también se muestran las correlaciones observadas entre la distribución de la clasificación de canales y los conteos de *C. perfringens* en el polvo ambiental y de ooquistes de coccidios en muestras de heces de las granjas de cebo de los ciclos correspondientes. Como puede apreciarse, se observa un efecto positivo de una mayor concentración de estos patógenos sobre la proporción de canales clasificadas en las categorías más bajas y una clara correlación inversa con la proporción de canales de mayor peso (clases 6 y 7).

TABLA 1. Efecto de la mortalidad y los conteos medios de ooquistes en heces duras y de *C. perfringens* en polvo en el período de cebo sobre la distribución de las canales en clases de peso en el matadero (n=56 ciclos de cebo).

Clases	Mortalidad		Ooquistes-heces		<i>C. perfringens</i> -polvo	
	r	p ¹	r	P	r	P
1	+0,306	0,02	+0,484	<0,001	+0,337	0,01
2	+0,256	0,06	+0,461	<0,001	+0,293	0,03
3	+0,191	0,14	+0,478	<0,001	+0,296	0,03
4	-	NS	+0,221	0,10	+0,239	0,08
5	-	NS	-0,400	0,002	-	NS
6	-0,253	0,06	-0,561	<0,001	-0,375	0,004
7	-	NS	-0,347	0,09	-0,271	0,04

¹Probabilidad (P>F), NS: no significativo (P>0,15).

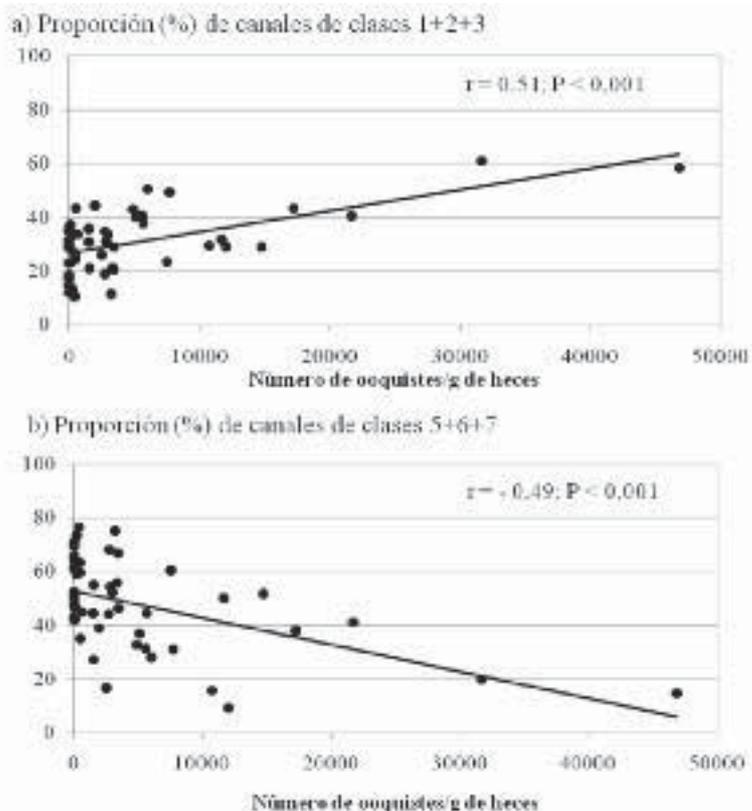


FIGURA 2. Efecto de la concentración media de ooquistes en heces en los ciclos de cebo (n=56) sobre la distribución de las canales por clases de peso.

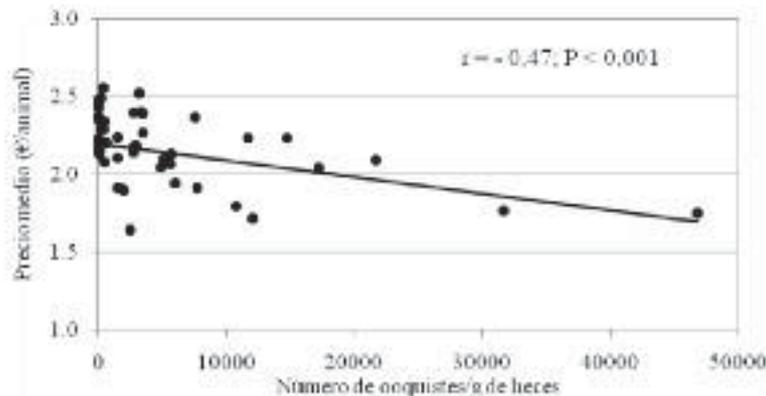


FIGURA 3. Efecto de la concentración media de ooquistes en heces sobre el precio medio obtenido por animal enviado al matadero.

Análogamente, en la Figura 2 (a) se muestra cómo la proporción de canales en el conjunto de las clases 1, 2 y 3 se incrementa como media desde un 30 hasta un 60% al aumentar las concentraciones medias de ooquistes de coccidios en el rango de valores reales observados en granjas en nuestro estudio. En paralelo, la Figura 2 (b) indica que niveles altos de ooquistes en heces reducen la proporción total de canales de las categorías 5, 6 y 7 desde un 52 hasta menos de un 10%. Finalmente, la Figura 3 muestra una estimación del efecto de la concentración de ooquistes en heces sobre el precio medio obtenido por animal enviado al matadero en cada lote. Para el cálculo se han tenido en cuenta la suma de los efectos lineales y negativos de la contaminación por coccidios sobre: i) la proporción de canales de clase 1, y ii) sobre el peso medio del resto de canales (clases 2-7). El rango de precios observados en nuestro ensayo mostró una elevada variabilidad, oscilando entre 1,63 y 2,56 € por animal. Por otra parte, los resultados de los controles analíticos de la calidad microbiológica de las canales mostraron en general un grado de contaminación muy bajo, pero también la existencia de una elevada correlación ($r=+0,67$; $P=0,06$) entre la concentración media de aerobios mesófilos en la canal y el nivel sanitario de las explotaciones, expresado a partir de la mortalidad media en cebo de las granjas. Además, se observaron igualmente concentraciones bajas, pero medibles, de *Staphylococcus aureus* y de Enterobacteriaceas lactosa-positivas en tres granjas donde los conteos de aerobios mesófilos fueron los más altos dentro del rango estudiado.

Los resultados obtenidos sugieren que la mejora del estado sanitario de los gazapos durante el cebo tiene un efecto directo sobre el número de animales y el peso final por ciclo que se envía al matadero, pero también un efecto indirecto adicional sobre el precio medio percibido por animal. Este efecto indirecto puede tener un efecto tan importante o mayor sobre el resultado económico obtenido por las explotaciones.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia (Proyecto 08MRU032E).

Bibliografía

- De Blas C., García J., Gómez-Conde S., Carabaño R. 2002. Restricciones a la formulación de piensos para minimizar la patología digestiva en conejos. En: XVIII Curso de especialización FEDNA. P. García-Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos (ed.). Barcelona, pp. 73-94.
- Licois D., Coudert P., Marlier D. 2006. Epizootic rabbit enteropathy. En: Recent advances in rabbit sciences. Maertens L., Coudert P. (ed). Ed. Ilvo, Merelbeke, Belgium, pp. 163-170.
- Peeters, J.E., Licois, D., Saco, M., Badiola, J.I., Rosell, J.M. 2000. Enfermedades del aparato digestivo: causas infecciosas. En: Enfermedades del conejo. Rosell, J.M. (ed.). Mundi-Prensa, Tomo II. pp: 163-213.
- SAS Institute. 1990. SAS/STAT® User's guide. Vols. I and II. Version 6 (4th ed). SAS Institute Inc., Cary, NC.

Valoración anatómica y calidad de la carne de conejos destetados a 28 ó a 42 días

Anatomical assessment and meat quality of rabbits weaned at 28 or 42 days

Núñez-Romero N., Rebollar P.G., Villena P., García-Rebollar P.

Dpto. Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n 28040, Madrid, España
 Dirección de contacto: nieves.nunez@upm.es

Resumen

La calidad de la carne, pH y color, de 44 conejos híbridos (Neozelandés Blanco x Californiano) se analizó atendiendo a dos edades al destete (28 y 42 días). Las canales se analizaron anatómicamente (longitud sacral y dorsal, grasa subescapular, intrabdominal y total, peso de la pata posterior izquierda, músculo, hueso, ratio M/H, *psaos mayor*, hígado y riñón) y bromatológicamente (Humedad, Materia Seca, Proteína Bruta, Extracto Etéreo y Cenizas). Un total de 28 canales se analizaron microbiológicamente (Aerobios Mesófilos, Enterobacterias, *Pseudomonas* sp. y Coliformes totales). El destete tardío dio lugar a canales con un pH 24 horas postmortem más bajo que en destete a 28 días ($P < 0,001$). También influyó en el desarrollo óseo con una menor longitud dorsal ($P < 0,003$), mayor longitud sacral ($P < 0,001$) y una cantidad de hueso de la pata posterior y de la canal mayor ($P < 0,05$). Como consecuencia, la relación carne/hueso fue menor ($P < 0,001$). El destete temprano influyó inversamente en el contenido de proteína y directamente en el contenido de humedad de la carne de la extremidad posterior ($P < 0,001$). La calidad microbiológica no se vio afectada por la edad al destete, excepto para *Pseudomonas* spp., cuya concentración fue mayor en canales de gazapos destetados a 42 días ($P < 0,001$). Estudios con un mayor número de muestras podrían confirmar la influencia de la edad al destete sobre las cualidades anatómicas de la canal de conejo y su posible repercusión para la industria cunícola.

Palabras clave: Conejo, edad al destete, composición de la canal, calidad de la carne.

Abstract

The meat quality, pH and color of 44 hybrid rabbits (New Zealand x Californian) were analyzed according to two weaning ages (28 and 42 days). The carcasses were analyzed anatomically (dorsal length, sacral length, scapular fat, intrabdominal and total dissectable fat, weight of the hind left, muscle, bone, Muscle/Bone ratio, psoas major, liver and kidney) and chemically (Humidity, Dry matter, Protein Crude, Ether Extract and Ash). A total of 28 rabbits were analyzed microbiologically (aerobic mesophiles, Enterobacteriaceae, Pseudomonas spp. and total coliforms). Late weaning resulted in carcasses with a pH 24 h postmortem lower than carcasses of kits weaned at 28 days ($P < 0.001$). It played a role in the bone development producing a shorter dorsal length ($P < 0.003$), longer sacral length ($P < 0.001$) and a higher number of the hind leg bone and carcass ($P < 0.05$). As a result, the meat/bone ratio was lower ($P < 0.001$). Early weaning also influenced inversely by the protein content and directly on the moisture content of meat from the hind limb ($P < 0.001$). The microbiological quality was not affected by weaning age, except for Pseudomonas spp. whose concentration was higher in rabbits carcasses weaned at 42 days ($P < 0.001$). Further studies with more samples could confirm the influence of weaning age on the qualities of the carcasses of rabbits and its possible impact on rabbit industry.

Key words: Rabbit, weaning age, carcass composition, meat quality.

Introducción

Los trabajos de investigación sobre características anatómicas de la canal de conejo están principalmente orientados a la comparación entre estirpes genéticas. El objetivo del presente estudio es analizar la influencia de la edad del destete (28 o 42 días) sobre la composición de la canal y la calidad de la carne.

Material y métodos

Los animales fueron manejados de acuerdo con los principios para el cuidado de los animales publicados en el Boletín Oficial del Estado (BOE, 2005). Se realizó una prueba de cebo en la granja experimental del Departamento de Producción animal de la UPM. Se utilizaron un total de 44 gazapos híbridos Neozelandés x Californiano, la mitad de los cuales fueron destetados a 28 y la otra mitad a 42 días de edad, con un peso medio de 522 ± 141 y 1.118 ± 204 g, respectivamente. El día del destete, se implantó un chip subcutáneo a cada animal en la línea dorsal interescapular para su identificación al final del cebo y tras el faenado en el matadero. Los gazapos fueron alojados en jaulas de 0,60 x 0,25 x 0,33 m de dos animales durante el cebo. Las condiciones ambientales estuvieron controladas con temperaturas de entre 17 y 23 °C y un fotoperiodo de 12 h de luz. Todos los animales recibieron *ad libitum* un pienso de cebo (2.590 kcal/kg ED, 16% PB, 35% FND). Los conejos permanecieron en granja hasta los 59 días de edad, momento en el que se registró el peso final de cada animal. A continuación fueron transportados a un matadero comercial (duración del transporte 1,5 h) y sacrificados atendiendo a la normativa vigente mediante shock eléctrico e incisión en carótida. Inmediatamente después del faenado de los animales en el matadero, se registró el peso de cada canal y el pH (pHmetro TESTO 205) después de oreo (pH inicial) en el músculo *Longissimus dorsi*. Tras 24 horas de refrigeración a 3-5°C se determinó el pH (pH final) y el color (colorímetro MINOLTA CR-300) de la canal mediante las coordenadas (L^* , a^* , b^*) del sistema CIELAB. El análisis anatómico de 22 canales por tratamiento se realizó según las normas de la WRSA (Blasco y Ouhayoun, 1996). En cada canal se determinó la longitud sacral y dorsal, el peso de la grasa subescapular e intrabdominal, el peso del solomillo (*Psoas mayor*), hígado y riñones, y el peso de la pata posterior izquierda completa. Dicha extremidad fue diseccionada para obtener el peso de la carne y del hueso. Se calculó la cantidad de grasa total disecable (como suma de la grasa escapular y perirrenal) y la relación carne/hueso de la extremidad posterior disecada. La carne de la pata posterior de cada canal fue liofilizada y se analizó bromatológicamente según procedimientos oficiales (AOAC, 2000): humedad con arena de mar, cenizas, proteína y extracto etéreo. Para el análisis de la calidad microbiológica de la carne, se tomaron muestras superficiales de 50 mm de espesor del lado derecho, a la altura de las extremidades posteriores, de la zona de corte y evisceración, y del cuello de 12 canales por tratamiento. Las muestras de cada canal fueron mezcladas y homogeneizadas, y se analizó la concentración de Aerobios mesófilos (Petrifilm, agar PCA, 48 h, 30°C, AOAC 990.12), Coliformes totales (VRBL 24 h, 37°C, AOAC 991.14), Enterobacterias (agar VRBGA, 24h, 37°C, certificado AFNOR 3M 01/06-09/97) y *Pseudomonas* spp. (agar CFC más suplemento específico, 48 h, 30°C).



FIGURA 1. Detalle de alguno de los parámetros anatómicos analizados.

Todos los datos se analizaron como un modelo completamente al azar, utilizando el procedimiento GLM del SAS (SAS, 2001), con el animal como unidad experimental y la edad al destete como efecto principal. El peso vivo en granja se utilizó como covariable para los parámetros de la valoración anatómica de las canales.

Resultados y discusión

La edad al destete no afectó ($P > 0,10$) al peso de los gazapos al final del cebo, no existiendo diferencias para el rendimiento canal ($53,4 \pm 3,2\%$) en matadero (Tabla 1). Los valores de pH de la carne después del oreo fueron similares entre tratamientos, pero el pH a 24 horas post-mortem de los gazapos destetados a 42 d fue menor ($P < 0,001$) que el de los destetados a 28 d de edad. Un pH final más bajo indica un mayor potencial glucolítico del músculo, lo que podría estar relacionado con un consumo mayor de alimento durante el periodo de cebo en conejos destetados a 42 d comparado con el de animales destetados a edades más tempranas. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas ($P > 0,10$) del color de la canal asociadas a la edad del destete de los gazapos, lo que puede estar relacionado a que no hubo diferencias entre grupos en su manejo antes del sacrificio (Renerre, 1990).

Los gazapos destetados a 42 días dieron canales de menor ($P<0,003$) longitud dorsal, mayor longitud sacral y con huesos en extremidades posteriores más pesados ($P<0,01$) (Tabla 2). Como consecuencia, la cantidad de hueso en la pata posterior izquierda y para la canal completa fue mayor ($P<0,05$) al aumentar la edad de destete de los gazapos. Dado que los dos grupos fueron sacrificados con la misma edad y, por tanto con el mismo estado de madurez (Pascual et al., 2005), estos resultados no eran esperados y necesitan ser confirmados con un mayor número de datos. Un mayor desarrollo óseo es considerado un factor de calidad para la comercialización de carne deshuesada y cortes al por menor, donde la frecuencia de rotura de patas se estima en un 10% (Gondret et al., 2005). Por otra parte, los gazapos destetados a 28 d de edad tendieron ($P<0,10$) a presentar una mayor cantidad de carne en la pata posterior respecto a los animales destetados a 42 d, aunque las diferencias para el peso del músculo *Psoas major* y la cantidad de carne total de la canal no fueron significativas entre tratamientos. Como consecuencia de que la cantidad de hueso en la canal aumentó proporcionalmente más que la cantidad de carne, la relación carne:hueso fue menor ($P<0,001$) al aumentar la edad de destete de los gazapos. Por otra parte, los gazapos destetados a 42 días de edad mostraron una mayor cantidad de grasa disecable que los destetados a 28 d, lo que puede estar relacionado con un consumo de alimento mayor y, por tanto, con la posibilidad de destinar el consumo extra de alimento a la producción de grasa. El mayor peso del hígado ($P<0,05$) y los riñones ($P<0,10$) de los animales destetados a 42 d, asociados a una mayor actividad de estos órganos por el mayor consumo, confirmaría esta tendencia.

La edad al destete también influyó significativamente sobre el contenido en humedad ($P<0,001$) y proteína ($P<0,001$) de la carne de la extremidad posterior (Tabla 3). El destete temprano dio carnes con un mayor porcentaje de humedad, lo que podría estar relacionado con una tendencia a un menor contenido en grasa intramuscular ($P<0,10$), y en proteína que las canales de gazapos con destetes más tardíos.

La calidad microbiológica de la canal no se vio afectada por la edad al destete, excepto para *Pseudomonas* sp., cuya concentración fue mayor en canales procedentes de gazapos destetados a 42 d (Tabla 3). Una concentración alta de estos microorganismos está relacionada con una menor vida útil del producto, pero los niveles necesarios

TABLA 1. Efecto de la edad al destete sobre el pH y el color de la canal.

	Edad al destete (d)		ESM ¹	P>f
	28	42		
Peso final en granja (g)	1915	1858	45,4	NS ²
Peso canal 24 h postmortem (g)	1027	995	44,4	NS
pH _{inicial}	6,68	6,53	0,07	NS
pH _{final}	5,95	5,52	0,06	<0,001
L*(luminosidad)	53,1	53,9	0,57	NS
a* (tonos rojos)	4,81	4,51	0,28	NS
b* (tonos amarillos)	-2,16	0,597	0,67	NS

¹ESM: error estándar de la media (n=22). ²NS: no significativo (P>0,10)

TABLA 2. Efecto de la edad al destete sobre la valoración anatómica de las canales.

	Edad al destete (d)		ESM ¹	P>f
	28	42		
Longitud dorsal(cm)	24,3	23,0	0,28	0,003
Longitud sacral (cm)	8,39	9,07	0,13	<0,001
Grasa subescapular (g)	6,71	6,93	0,59	NS ²
Grasa intrabdominal (g)	16,8	19,7	1,31	NS
Grasa total (g)	26,9	29,3	1,71	NS
Peso pata posterior (g)	130	128	2,42	NS
Carne pata posterior (g)	92,0	86,0	2,30	0,08
Hueso pata posterior (g)	35,4	40,0	1,24	0,01
Carne de la canal ³ (g)	458	433	14,5	NS
Hueso de la canal ³ (g)	125	133	3,38	0,03
Ratio carne/hueso ¹	3,66	3,27	0,07	<0,001
Peso <i>Psoas major</i> (g)	6,35	6,71	0,41	NS
Peso hígado (g)	48,6	57,2	2,42	0,02
Peso riñones (g)	12,2	13,2	0,34	0,06

¹ESM: error estándar de la media (n=11). ²NS: no significativo (P>0,10). ³Segun Blasco et al. (1984).

TABLA 3. Efecto de la edad al destete sobre la composición bromatológica de la carne y la calidad microbiológica de la canal.

	Edad al destete (d)		ESM ¹	P>f
	28	42		
Composición química (%)				
Humedad	76,0	74,0	0,37	<0,001
Proteína	20,3	22,6	0,33	<0,001
Grasa	2,37	2,69	0,13	0,10
Cenizas	1,28	1,30	0,02	NS
Calidad microbiológica (log₁₀ ufc/g)				
Aerobios mesófilos	3,65	4,01	0,24	NS
Enterobacterias	1,76	3,89	0,18	NS
Pseudomonas sp.	1,37	3,49	0,27	<0,001
Coliformes	1,84	1,88	0,23	NS

¹ESM: error estándar de la media (n=11). ²NS: no significativo (P>0,10)

de bacterias (9-10 log ufc/g) para que los olores anómalos y la limosidad superficial sean evidentes (Calleja, 2006), son muy superiores a las concentraciones detectadas en este trabajo (1,4 y 3,9 log ufc/g en canales de gazapos destetados a 28 y 42 d, respectivamente).

Bibliografía

- AOAC 2000. *Official Methods of Analysis (17th ed)*. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Blasco A., Estany J., Baselga M. 1984. Prediction of the rabbit meat and bone weight using carcass measurements and simple cuts. *Ann. Zootech.*, 33:161-170.
- Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4:93-99.
- Boletín Oficial del Estado. 2005. Real Decreto 1201/2005. Sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos. *BOE*, 252:34367-34391.
- Calleja J.M. 2006. *Calidad microbiológica de la carne de conejo y estimación de la eficacia de algunos tratamientos tecnológicos de conservación*. Tesis Doctoral. Departamento de Higiene y Tecnología de los alimentos. Universidad de León.
- Gondret F., Larzul C., Combes S., De Rochambeau H. 2005. Carcass composition, bone mechanical properties, and meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 83:1526-1535.
- Pascual M., Aliaga S., Pla M. 2005. Composición de la canal y de la carne en Conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. *XI Jornadas sobre Producción Animal*. Vol. extra, 26 (Tomo I):162-164.
- Rao D.R., Chen C.P., Sunki G.R., Johnson W.M. 1978. Effect of weaning and slaughter ages on rabbit meat production. II. Carcass Quality and composition. *J. Anim. Sci.*, 46:578-583.
- Renner M. 1990. Review: factors involved in the discoloration of beef meat. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 25:613-630.
- SAS Institute. 2001. *SAS/STAT® User's Guide (Release 8.2)*. SAS In.s.t. Inc., Cary NC, USA.

Predicción de la composición de la canal de conejo con análisis de imágenes de cortes

Prediction of rabbit carcass composition using attributes extracted from chop images

Silva S.R., Guedes C.M., Mourão J.L., Pinheiro V.*

CECAV - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal
*Dirección de contacto: vpinheir@utad.pt

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo estudiar una metodología de análisis de imágenes de músculo y grasa para estimar la composición de la canal de conejos en crecimiento. En 18 canales de conejos sacrificados a las 10 semanas de edad, las imágenes se obtuvieron en el plano de corte entre la 6ª y 7ª vértebra lumbar. Mediante el análisis de imágenes se obtuvieron mediciones de la superficie, perímetro, eje principal y eje menor de cuatro músculos y de la grasa. Se realizó un análisis de regresión múltiple entre las mediciones obtenidas mediante el análisis de imagen y la composición de la canal en músculo, hueso y grasa y la relación M/H obtenida por disección. Mediante la aplicación de este método de análisis de imágenes se podría explicar entre el 52% ($P < 0,05$) y el 88% ($P < 0,01$) de la composición de la canal en músculo y grasa y el 74% ($P < 0,01$) de la relación M/H. Los resultados obtenidos han sido interesantes, pero se necesitan más estudios de esta naturaleza con el fin de aumentar la facilidad de adquisición y análisis de imágenes.

Palabras clave: *Análisis de imágenes, composición de la canal, conejos.*

Abstract

This study aimed to use features that are extracted after image analysis from a cut point between the 6th and 7th lumbar vertebrae images to predict rabbit carcass composition. Images were captured on 18 rabbit carcasses and fat and muscle measurements were obtained from that cut point between the 6th and 7th lumbar vertebrae. With multiple regression analysis it was possible explain 52% ($P < 0.05$) to 88% ($P < 0.01$) of the variation of muscle and fat amount and proportion and 74% for muscle/bone ratio. Further studies are necessary to improve image capture and image analysis speed to add practical significance of this methodology.

Key words: *image analysis, carcass composition, rabbit.*

Introducción

El uso de imágenes para estimar las características de la canal es una práctica cada vez más importante en el estudio con animales (Zheng et al., 2008), especialmente en los estudios de canales. El análisis de imágenes tiene un enorme potencial en la evaluación de las características de la canal, ya que es posible obtener de una forma cómoda, rápida y consistente un gran volumen de datos de estructuras de geometría compleja con diferente color y las propiedades de textura (Subbiah et al., 2004; Jackman et al., 2008). En especies de ganado doméstico ha habido en los últimos años, importantes avances en este ámbito (Jiancheng et al., 2010). Sin embargo, en conejos, la información es muy limitada. Por esta razón el objetivo de este estudio ha sido estimar la composición de la canal de conejos, a partir de mediciones del músculo y grasa obtenidas por análisis de imágenes de un plano entre la 6ª y 7ª vértebra lumbar.

Material y métodos

Se han estudiado 18 canales de conejos Nueva Zelanda × Californiano, con un peso vivo de $2,1 \pm 0,28$ y con un peso en canal de referencia de $1,0 \pm 0,19$ kg. Se ha efectuado un corte entre la 6ª y 7ª vértebras lumbares de la canal y las imágenes lumbares se obtuvieron con una cámara digital. Durante la captura de imágenes se tuvo la aten-



ción de poner todas las piezas en la misma posición y siempre con una escala (Figura 1a). Las imágenes fueron analizadas utilizando el software Image J (ImageJ 1.38x, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>). En el análisis se llevó a cabo, en un primer paso, la definición de los tejidos analizados (Figura 1b). En las imágenes se identificaron los músculos *Longissimus thoracicus y lumbar* (LTL), *multifidus* (LM) y el *psaos* (PM) y la grasa (Figura 1c). Sobre la base de estas imágenes fueron calculadas, para cada zona de músculo y grasa, el área, el perímetro, el eje mayor y el eje menor.

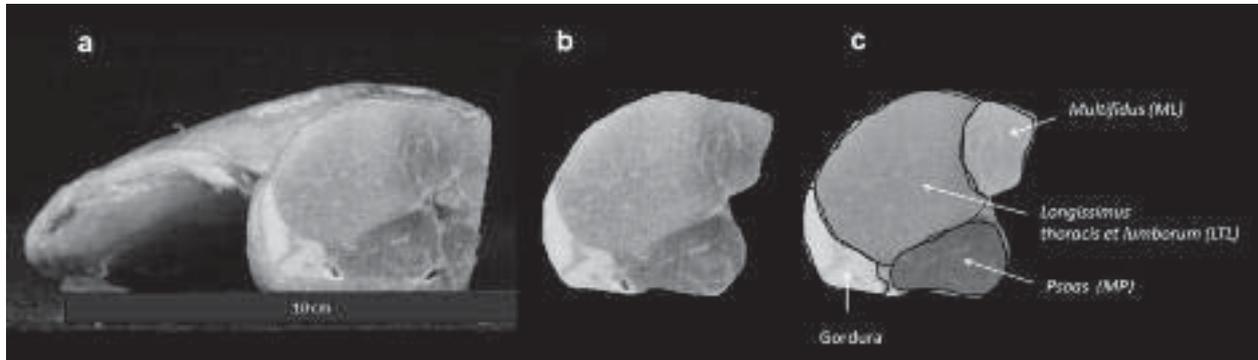


FIGURA 1. Imagen del plano de corte entre la 6ª y la 7ª vértebras lumbares (a); imagen de los tejidos que serán medidos (b) e imagen de la grasa y de los músculos medidos (c).

Las canales fueron después totalmente disecadas y determinado el músculo, la grasa (la suma de grasa subcutánea e intermuscular) y el hueso. También se determinó la relación músculo/hueso (M/H). La disección se realizó con bisturí en una habitación con ambiente controlado.

Se realizó un análisis descriptivo de los datos y un análisis de regresión múltiple con el procedimiento stepwise, entre la composición de la canal y la relación M/H y las medidas obtenidas por análisis de imagen en el plano de corte entre la 6ª y 7ª vértebra lumbar. El coeficiente de determinación (R^2) y la desviación estándar de los residuos (dsr), se utilizaron como criterios de evaluación de las ecuaciones obtenidas. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el JMP-SAS (versión 5.01, SAS Institute Inc. Cary, NC, EE.UU.).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra la media y la (desviación estándar) para la composición de la canal y la relación M/H.

TABLA 1. Media y (desviación estándar) para la composición de la canal (g y %) y relación M/H

	Composición			M/H
	Músculo	Hueso	Grasa	
Peso, g	784,5 (159,6)	161,0 (19,1)	57,9 (19,7)	4,85
Proporción, %	77,8 (2,4)	16,3 (1,7)	5,7 (1,5)	-

La grasa es el componente de disección de la canal con mayor variación (CV=34%). Este es un resultado esperado, a pesar del reducido contenido de grasa de las canales de conejos.

En la Tabla 2 se muestra la media y (desviación estándar) de las mediciones realizadas en el plano de corte para la composición de la canal.

Las medidas asociadas a LTL son aquellas con menor variación (CV entre el 9 y 20%). Por otra parte, las medidas relacionadas con la grasa son las que muestran un mayor coeficiente de variación (entre el 23 y el 42%).

Las ecuaciones múltiples para estimar la composición de la canal y la relación M/H se muestran en la Tabla 3.

Las mediciones obtenidas por análisis de imágenes pueden explicar la mitad de la variación del músculo ($R^2=0,52$;

TABLA 2. Media (desviación estándar) de las medidas de área, perímetro, eje mayor y eje menor de los músculos Longissimus, Multifidus y Psoas y de grasa.

Medidas	Músculos						Grasa	
	Longissimus		Multifidus		Psoas			
Área, cm ²	4,75	(0,97)	0,70	(0,28)	1,39	(0,37)	0,66	(0,26)
Perímetro, cm	8,51	(0,86)	3,54	(0,50)	5,36	(0,68)	5,11	(1,35)
Eje mayor, cm	2,98	(0,28)	1,46	(0,21)	2,15	(0,29)	2,12	(0,49)
Eje menor, cm	2,22	(0,28)	0,60	(0,19)	1,00	(0,19)	0,77	(0,27)

TABLA 3. Ecuaciones múltiples para estima de la composición (g y %) en músculo (M) y grasa (G) de la canal y de la relación M/H a partir de medidas obtenidas en el plano entre la 6ª y 7ª vértebras lumbares.

	Constante	ALTL	PLTL	EMLTL	EmLTL	AMP	EMMP	AG	EMG	R ²	dsr
M, g	39,9	80,0			70,5	149,8				0,864	64,9
G, g	-32,3					18,2		-19,2	36,6	0,833	8,87
M, %	77,6	-0,319		-2,84		7,33				0,521	1,85
G, %	-5,32	-1,62	1,60					-1,99	3,05	0,884	0,587
M/H	-0,474		0,559				1,19			0,741	0,350

ALTL- área de músculo Longissimus thoracis y lumborum (LTL); PLTL- perímetro del LTL; EMLTL- eje mayor de LTL; EmLTL- eje menor del LTL; AMP- área de los músculos Psoas (MP); EMMP- eje mayor del MP; AG- área de grasa; EMG- eje mayor de la grasa.

P<0,05), bastante más en la de la grasa (R²=0,88; P<0,01) y el 74% (P<0,01) de la variación de la relación M/H. Los resultados de este estudio muestran que las medidas llevadas a cabo en el músculo y en grasa, en el plano de corte entre la 6ª y 7ª vértebra lumbar, tiene potencial para estimar la composición de la canal de los conejos sacrificados a las 10 semanas de edad. Sin embargo, esta metodología debe desarrollarse aún más, hacia una captura más rápida de las imágenes y la extracción de información, para que sea posible su aplicación más práctica.

Bibliografía

- Jackman P., Sun D.W., Du C., Allen P., Downey G. 2008. Prediction of beef eating quality from colour, marbling and wavelet texture features. *Meat Sci.*, 80:1273-1281.
- Jiancheng J., Schinckel A.P., Forrest J.C., Chen W., Wagner J.R. 2010. Prediction of lean and fat composition in swine carcasses from ham area measurements with image analysis. *Meat Sci.*, 85:240-244.
- JMP-SAS, 2006. JMP-SAS (Version 5.01); SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Subbiah J., Ray N., Kranzler G.A., Acton S.T. 2004. Computer vision segmentation of the longissimus dorsi for beef quality grading. *Transactions of the ASAE*, 47:1261-1268.
- Zheng L., Sun D.W., Tan J. 2008. Quality evaluation of meat cuts. En: Da-Wen Sun (Ed.). *Computer vision technology for food quality evaluation*. Elsevier, pp. 111-138.

Evaluación del análisis de imagen de vídeo para predecir la composición de la canal en conejos

Evaluation of video image analysis to predict carcass composition in rabbit

Silva S.R., Mourão J.L., Guedes C.M., Pinheiro V.*

CECAV - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal

*Dirección de contacto: vpinheiro@utad.pt

Resumen

La información sobre la técnica de análisis de imágenes de vídeo (VIA) en la evaluación de la composición de la canal de conejos es escasa o inexistente. Así, este trabajo tiene como objetivo aplicar esta técnica en la estima de la composición de la canal de los conejos. En este estudio, fueron tratadas las imágenes de 20 canales de conejas con 2,2kg. Después de obtener las imágenes, fueron realizadas trece medidas en el canal, que, en un análisis de regresión múltiple, fueron capaces de explicar el 91,2, 91,4 y 67% de la variación en el músculo, la grasa y el hueso de la canal, respectivamente, cuya composición había sido determinada mediante disección. Este trabajo muestra que es posible aplicar un enfoque de VIA a las canales de conejos. En futuros trabajos se debe mejorar el sistema de captura imágenes y su análisis.

Palabras clave: *Análisis de imagen de vídeo, composición de la canal, conejo.*

Abstract

There is no information available on the use of video image analysis (VIA) for carcass composition evaluation of rabbits. Thus the objective of the current work was to evaluate a VIA methodology in assessing carcass composition of rabbits. Video images were captured from 20 rabbit carcasses. For each carcass thirteen measurements were obtained after image analysis, which can explain 91.2, 91.4 and 67% of the muscle, fat and bone amount, respectively. This approach shows that rabbit carcass composition evaluation is possible by VIA. Improve image capture and image analysis must be considered in future studies.

Key words: *Video image analysis, carcass composition, rabbit.*

Introducción

El análisis de imágenes de vídeo, "Video Image Analysis" (VIA) es un área muy dinámica de la ciencia animal, con una gran evolución en los últimos años (Allen, 2007). Ha sido aplicado con éxito en la evaluación de características de la canal de bovinos (Oliver et al., 2010), cerdos (Doeschl-Wilson et al., 2005) y ovejas (Rius-Vilarrasa et al., 2009). Mediante la aplicación de esta metodología, se pretende una evaluación objetiva de las canales, con el fin de obtener un producto más adecuado para el mercado. Por otra parte, la información también puede ser utilizada por los productores, con el fin de obtener las mejores canales (Allen, 2007). A pesar del fuerte impulso para encontrar una respuesta en las técnicas de imagen, en la evaluación de la canal y calidad de la carne, en las principales especies de producción, para los conejos, tanto como se puede decir con base en la literatura científica consultada, no existen estudios que utilizan este enfoque, para evaluar las características de la canal. En este sentido, este trabajo tiene como objetivo desarrollar y aplicar una metodología de análisis de imagen para estimar la composición de la canal de conejos.

Material y métodos

Se han estudiado 20 canales de conejas adultas (Nueva Zelanda × Californiano) con $2,2 \pm 0,33$ kg de peso de canal. Después de 24 horas de refrigeración a 4° C, las canales fueron suspendidas y colocadas frente a un fondo de

color oscuro, con el fin de obtener una vista dorsal. Para capturar las imágenes se ha utilizado una cámara de vídeo (Sony DCR-TRV460) y construido un dispositivo que consta de dos rayos láser rojo de 650 nm de longitud de onda, montado en una posición paralela a la estructura y con una distancia entre los dos rayos de 14 cm. Los láseres proyectan a la canal dos puntos que se utilizaron como escala. Todas las imágenes fueron obtenidas bajo las mismas condiciones de iluminación y se analizaron usando el software Image J (ImageJ 1.38x, <http://rsb.info.nih.gov/ij/>). En el análisis de las imágenes fueron tomadas 13 mediciones (Figura 1). Se realizaron tres mediciones de ángulo de la pierna, tres mediciones de área y siete medidas de longitud, anchura y espesor. Las canales fueron totalmente disecadas con bisturí para obtener la composición en músculo (M), grasa (F) y hueso (H). Se realizó un análisis descriptivo de los datos y se calculó la media y desviación estándar de las variables en estudio. Para identificar la combinación de las medidas resultantes del procedimiento de VIA que mejor explican la composición de la canal, se utilizó el procedimiento de regresión stepwise. El coeficiente de determinación (R^2) y la desviación estándar de los residuos (DSR), se utilizaron para evaluar la capacidad predictiva de las ecuaciones. Todas las pruebas se realizaron con la versión de programa JMP 7 (SAS Institute, Cary, NC, EE.UU.).

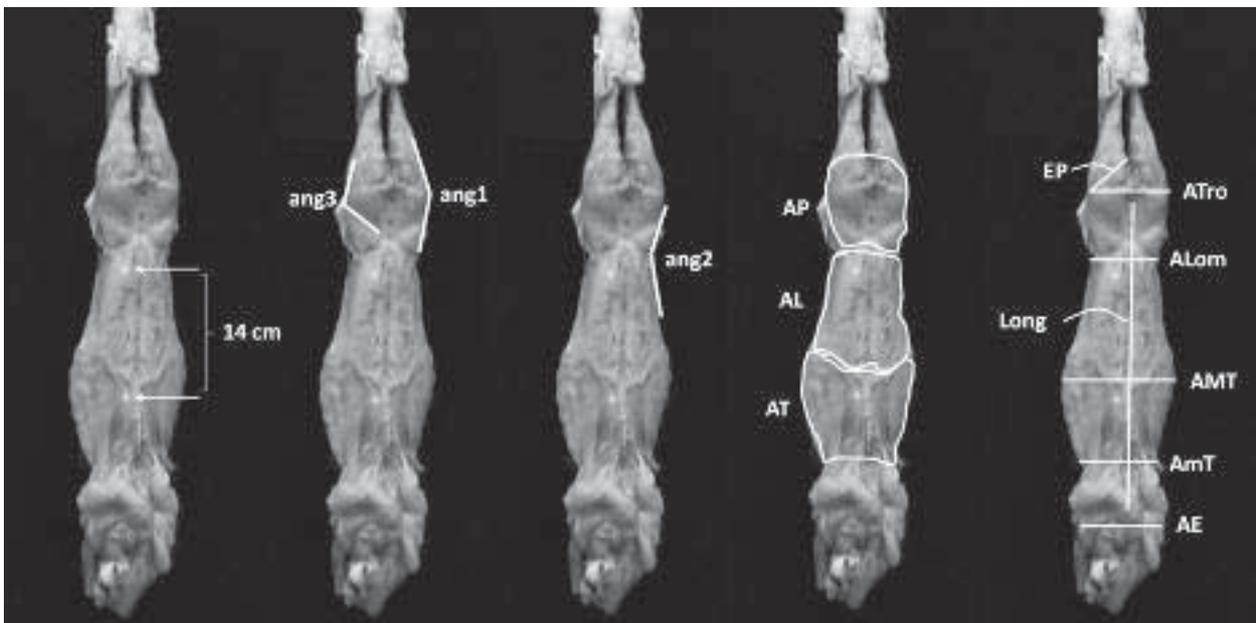


FIGURA 1. Imágenes de la canal con indicación de los dos puntos que se utilizaron como escala y de las medidas efectuadas. ang1 - Ángulo1; ang2 - Ángulo2; ang3 - Ángulo3; AP - Área de la pierna; AL - Área del lomo; AT - Área del tórax; Long - Longitud de la canal; ATro - Anchura al nivel de los trocánteres; ALom - Anchura del lomo; AMT - Anchura máxima del tórax; AmT - Anchura mínima del tórax; AE - Anchura al nivel de las espaldas; EP - Espesor de la pierna.

Resultados y discusión

La media y desviación estándar de las medidas resultantes del análisis de imágenes de la canal y de la composición de las canales obtenida por disección, se presentan en la Tabla 1.

Las mediciones del ángulo han mostrado la menor variación (CV entre el 5 y el 6%) y las mediciones de área, en particular, la extensión de la zona del lomo, fueron las que mostraron una mayor variación (CV entre el 14 y el 18%). En cuanto a la composición de la canal, la grasa ha sido el tejido con una mayor variación (CV=44 y el 31% para el peso y porcentaje, respectivamente).

En la Tabla 2 se presentan las ecuaciones de regresión múltiple, para estimar la composición de la canal (g y %) con base en las medidas obtenidas por las imágenes de vídeo; VIA.

Las ecuaciones de regresión múltiple por stepwise encontradas, muestran que es posible estimar la composición de la canal de los conejos, a partir de mediciones de la canal obtenidas por VIA. De hecho, es posible explicar el 91,2, 91,4 y 67% de la variación en el peso del músculo, de la grasa y del hueso, respectivamente. La medición del

TABLA 1. Media y desviación estándar (de) de medidas de la canal obtenidas por VIA en el plano dorsal y de la composición de la canal.

Medidas y composición de la canal		Abreviatura	Media	de
Medidas de ángulo de la pierna, grados	Ángulo1	ang1	145,9	8,29
	Ángulo2	ang2	151,9	7,97
	Ángulo3	ang3	108,7	7,08
Medidas de área, cm ²	Área de la pierna	AP	105,8	14,3
	Área del lomo	AL	145,6	26,5
	Área del tórax	AT	173,4	23,6
Medidas de longitud y anchura, cm	Longitud de la canal	Long	43,6	3,10
	Anchura al nivel de los trocánteres	ATro	9,99	0,74
	Anchura del lomo	ALom	7,89	0,88
	Anchura máxima del tórax	AMT	13,7	0,98
	Anchura mínima del tórax	AmT	8,32	1,08
	Anchura al nivel de las espaldas	AE	8,92	1,14
	Espesor de la pierna	EP	5,01	0,55
Composición de la canal				
Peso de los tejidos, g	Músculo	M	1442,2	197,8
	Grasa	G	220,0	97,4
	Hueso	H	338,8	31,9
Proporción de los tejidos, %	Músculo	M	68,1	2,96
	Grasa	G	10,1	3,04
	Hueso	H	16,2	2,23

TABLA 2. Ecuaciones múltiples para estima de la composición en tejidos de la canal (g y %) a partir de medidas obtenidas por VIA.

	Constante	X1	X2	X3	X4	R ²	DSR				
Peso, g											
M	442,32	16,39	AP	-42,71	AMT	60,8	AmT	-130,84	EP	0,912	66,1
G	-884,84	3,62	ang3	20,03	AE	106,24	EP			0,914	31,1
H	-104,31	-0,841	AL	6,52	Long	56,13	EP			0,671	19,9
Proporción, %											
M	83,67	0,206	AP	-7,45	EP					0,571	2,05
G	-20,42	0,113	ang3	3,62	EP					0,801	1,44
H	27,9	-1,83	AmT	0,71	EP					0,598	1,48

Para las abreviaturas de mediciones consultar la Tabla 1

espesor de la pierna (EP) se introdujo en todas las ecuaciones. En la estimación del músculo, ya sea por el peso o por el porcentaje, la primera medida a entrar en la ecuación fue la zona de la pierna (AP). Las medidas efectuadas en la pierna, han sido las que más a menudo entraron en las ecuaciones, lo que sugiere que una mayor atención se debe dar a esta región en trabajos futuros. En otros estudios con diferentes especies, la región de la pierna ha sido también a la que se ha dado más atención, al hacer este tipo de trabajo, ya que es una de las piezas más valiosas (Hopkins et al., 2004; Allen, 2007). La capacidad de automatizar la colección y análisis de imágenes es una manera de mejorar la aplicación de esta técnica. Será interesante en el futuro aplicar esta técnica a conejos en final de cebo, para averiguar si la estima de la composición de la canal es también una herramienta válida.

Bibliografía

- Allen P. 2007. *New methods for grading beef and sheep carcasses*. En: C. Lazzaroni, S. Gigli, D. Gabiña (Eds). *New developments in evaluation of carcass and meat quality in cattle and sheep*. EAAP Scientific Series, Wageningen Academic Publishers, pp. 39-48.
- Doeschl-Wilson A.B., Green D.M., Fisher A.V., Carroll S.M., Schofield C.P., Whittemore C.T. 2005. *The relationship between body dimensions of living pigs and their carcass composition*. *Meat Sci.*, 70:229-240.
- Hopkins D.L., Safari E., Thompson J.M., Smith C.R. 2004. *Video image analysis in the Australian meat industry - pre-*

- cision and accuracy of predicting lean meat yield in lamb carcasses. Meat Sci., 67:269-274.*
- JMP-SAS, 2006. JMP-SAS (Version 5.01); SAS Institute Inc. Cary, NC, USA*
- Oliver A., Mendizabal J.A., Ripoll G., Albertí P., Purroy A. 2010. Predicting meat yields and commercial meat cuts from carcasses of young bulls of Spanish breeds by the SEUROP method and an image analysis system. Meat Sci., 84:628-633.*
- Rius-Vilarrasa E., Bünge L., Maltin C., Matthews K.R., Roehe R. 2009. Evaluation of Video Image Analysis (VIA) technology to predict meat yield of sheep carcasses on-line under UK abattoir conditions. Meat Sci., 82:91-100.*

PATOLOGÍA

- **Utilización del sistema Pheneplate para la caracterización de cepas de Escherichia coli y el diseño de autovacunas en conejos**
Fernández A., Chacón G., Baselga R.
- **Impacto del estrés térmico sobre el sistema inmune en conejas reproductoras de diferentes tipos genéticos. Estudio preliminar**
Ferrián S., Guerrero I., Blas E., García-Diego F.J., Pascual J.J., Corpa J.M.
- **La caracterización de cepas de Staphylococcus aureus aisladas de nariz revela su potencial para causar enfermedad en conejos**
Selva L., Viana D., Penadés J.R., Corpa J.M.
- **Efecto del diclazuril en la coccidiosis del conejo**
del Cacho E., Lasa C., Homedes J.
- **Farmacocinética de marbofloxacinó en conejos tras su administración subcutánea**
Marín P., Álamo L.F., Cárcelos C.M., Escudero E., Hernandis V., Fernández-Varón E.
- **Susceptibilidad de cepas de Staphylococcus aureus aisladas en granjas cunícolas frente a marbofloxacinó y enrofloxacinó**
Álamo L.F., Fernández-Varón E., Corrales J.C., Gómez-Martín A., Fe C.D., Escudero E., Cárcelos C.M., Marín P.
- **Comparación farmacocinética de tres fluoroquinolonas en el conejo tras su administración intramuscular**
Marín P., Álamo L.F., Escudero E., Cárcelos C.M., Espuny A., Fernández-Varón E.
- **Desarrollo de una vacuna de subunidad contra el virus de la enfermedad hemorrágica del conejo. Primeras evidencias de seguridad y eficacia**
García M., Rodríguez A., Suárez M., González N., Vargas M., Santana E., Pérez C., Limonta M., Valdés J., Montero C., Ancizar J.A., Puentes P., Fuentes Y., Sayas G.; Estrada M.P., Farnós O., Sánchez K., González E.M., Mena J., Capucci L., Parra F., Borroto C., Rodríguez D., Baryolo L., Vázquez A., Morell G.



Utilización del sistema Pheneplate para la caracterización de cepas de *Escherichia coli* y el diseño de autovacunas en conejos

Differentiation by Pheneplate System of Escherichia coli strains from rabbits and its usefulness for autovaccine design

Fernández A., Chacón G., Baselga R.

EXOPOL Autovacunas y Diagnóstico, Pol. Río Gállego D-8, 50840 San Mateo de Gállego (Zaragoza), España

*Dirección de contacto: afernandez@exopol.com

Resumen

La tipificación o tipado de una bacteria implica la caracterización de los aislamientos más allá de la identificación a nivel de especie y es necesaria en estudios epidemiológicos donde el objetivo sea valorar la diversidad de la población bacteriana. En ganadería, la tipificación de aislamientos de *Escherichia coli* (*E. coli*) obtenidos de distintas muestras nos permite identificar las cepas presentes en la misma explotación y comparar los aislamientos obtenidos en diferentes fechas o momentos productivos o en diferentes localizaciones. En el presente trabajo se ha valorado la utilización del sistema pheneplate (PhP-RE, Bactus AB) para la caracterización fenotípica de aislamientos de *E. coli* obtenidos a partir de problemas digestivos en granjas de conejos. El sistema utilizado se basa en la determinación de patrones bioquímicos y la comparación de los resultados obtenidos para las distintas cepas, obteniéndose un dendograma que muestra la similitud fenotípica de unas cepas con otras. Los resultados obtenidos mediante esta técnica permiten seleccionar cepas de *E. coli* aisladas de problemas digestivos con diferentes fines, como el diseño de autovacunas.

Palabras clave: *Escherichia coli*, tipificación fenotípica, colibacilosis, pheneplate.

Abstract

Typing of bacteria means the separation of bacterial strains below the species level and is necessary when species identification is not enough, such as epidemiological investigations and ecological studies. In farmed animals, *Escherichia coli* typing from different samples allow to identify specific strains present in each farm and compare isolates from different dates, different sites or different productive periods. In the present study we use the pheneplate system (PhP-RE, Bactus AB) to characterize *E. coli* isolates from digestive problems in farmed rabbits. The PhP system is a computerized biochemical fingerprinting method which allows to compare different phenotypic patterns of isolates. PhP system is a useful method to choose *E. coli* strain for different purposes such as autovaccine production.

Key words: *Escherichia coli*, phenotypic typing, colibacillosis, pheneplate.

Introducción

La tipificación o tipado de una bacteria implica la caracterización de los aislamientos más allá de la identificación a nivel de especie. Las técnicas utilizadas para ese fin han sido múltiples y comprenden tanto técnicas basadas en la comparación de los ácidos nucleicos (caracterización genotípica) como técnicas basadas en la comparación de las características fenotípicas (caracterización fenotípica). Ambos métodos miden el grado de similitud entre aislamientos. Los métodos genotípicos (PFGE, ribotipado, métodos basados en la PCR, etc.) disponen en general de mayor poder de discriminación, reproducibilidad y tipabilidad que los métodos fenotípicos. No obstante, son técnicas caras, lentas y laboriosas. Por el contrario, los métodos fenotípicos son rápidos, asumibles económicamente y permiten caracterizar un gran número de aislamientos bacterianos. Uno de estos métodos que ha demostrado

ser altamente discriminatorio para *Escherichia coli* (*E. coli*) es el sistema Pheneplate (PhP), desarrollado inicialmente por Kühn y Möllby (Kühn, 1985; Kühn y Möllby, 1986; Kühn et al., 1993; Möllby et al., 1993) y aplicado posteriormente para la caracterización de aislamientos de *E. coli* obtenidos a partir de diferentes muestras clínicas y ambientales (Katouli et al., 1995; Landgren et al., 2005; Ansaruzzaman et al., 2007; Reyes et al., 2009).

El objetivo de este trabajo es caracterizar los aislamientos de *E. coli* procedentes de muestras digestivas de conejos con sospecha de colibacilosis mediante el sistema PhP y valorar su utilidad tanto para estudiar la epidemiología del proceso como para seleccionar cepas con las que elaborar autovacunas, valorar sensibilidad antibiótica o determinar factores de virulencia.

Material y métodos

MUESTRAS Y AISLAMIENTOS DE *E. COLI*

Se seleccionaron cuatro casos clínicos remitidos a Exopol de problemas digestivos en conejos de granja con sospecha de colibacilosis. De cada uno de los casos los veterinarios clínicos enviaron entre 2 y 5 muestras de distintos animales afectados cada vez que se requería una analítica. Las muestras consistieron en hisopos digestivos, intestino o animales de los que se tomaron muestras de intestino o ciego. En cualquier caso las muestras se sembraron en placas de agar sangre, agar macConkey y agar XLD (Oxoid) y se incubaron durante 24-48 horas a 37°C en atmósfera aerobia. De cada una de las muestras se seleccionaron entre 2 y 4 colonias con morfología típica de *E. coli* en agar macConkey y se subcultivaron en agar sangre para su posterior tipado mediante PhP.

TIPIFICACIÓN FENOTÍPICA MEDIANTE EL SISTEMA PHENEPLATE (PHP)

El sistema PhP se basa en la determinación de patrones bioquímicos mediante la medida cuantitativa de distintas reacciones bioquímicas. La tipificación de los distintos aislamientos se llevó a cabo utilizando las placas PhP-RE (PhPlate - <http://www.phplate.se>) siguiendo el método descrito por Landgren et al. (2005). Las placas PhP-RE son placas microtiter de 96 pocillos que contienen 8 filas paralelas de 11 reactivos deshidratados (carbohidratos y aminoácidos). La metodología utilizada consiste en añadir un medio de cultivo con indicador de pH a cada uno de los pocillos. En el primer pocillo de cada fila se realiza una suspensión de cada uno de los aislamientos a estudiar a partir del cultivo en agar sangre. Tras su homogeneización se transfiere al resto de pocillos de la misma fila y que contienen los diferentes sustratos. Las placas se incuban a 37°C y los resultados se leen a las 16, 40 y 64 horas de incubación en un lector óptico de placas a 620nm. Los resultados se obtienen mediante un software que calcula los valores medios de las distintas mediciones de cada pocillo y da un patrón bioquímico con 11 valores numéricos para cada aislamiento. Cada patrón bioquímico es considerado un fenotipo. Posteriormente los patrones bioquímicos de los distintos aislamientos se comparan mediante un coeficiente de correlación y se representa en un dendograma. La inclusión de una cepa control con un fenotipo determinado en cada una de las placas permite la comparación entre aislamientos estudiados en diferentes momentos sin necesidad de volver a cultivarlos. El sistema está estandarizado de tal forma que todos los aislamientos con un coeficiente de correlación superior al 0,98 se considera que presenta el mismo fenotipo con el mismo origen clonal y se consideran la misma cepa.

Resultados y discusión

CASO 1

Explotación con sospecha de colibacilosis en lactantes de 10-15 días que se detecta en mayo de 2009. Se reciben muestras al laboratorio en 3 ocasiones: en mayo de 2009 cuando surge el problema (2 muestras con referencia 63447), en agosto de 2009 cuando el problema persistía (4 muestras con referencia 65539) y en septiembre de 2010 cuando tras haber controlado el problema vuelve a aparecer (2 muestras con referencia 69978). En todos los casos se aísla *E. coli* en cultivo puro. Los resultados de la comparación de los aislamientos de todas las muestras se muestran en la Figura 1. Se observa que en los dos casos de 2009 todos los aislamientos se agrupan en el mismo cluster y por tanto pertenecen a la misma cepa, mientras que en las muestras de 2010 la cepa aislada es diferente.

CASO 2

Explotación con problemas de diarrea en cebo asociada a colibacilosis. Se han analizado muestras en 8 ocasiones distintas con número variable de muestras en cada ocasión durante un periodo de año y medio. En las Figuras 2 y 3 se muestran los dendogramas de los aislamientos. Las muestras pertenecientes a la misma analítica tienen el mismo número de referencia. La Figura 2 representa los resultados de las 7 primeras analíticas, todas ellas correspondientes a muestras de animales de cebo con diarrea, y se observa como en todas las ocasiones excepto una to-

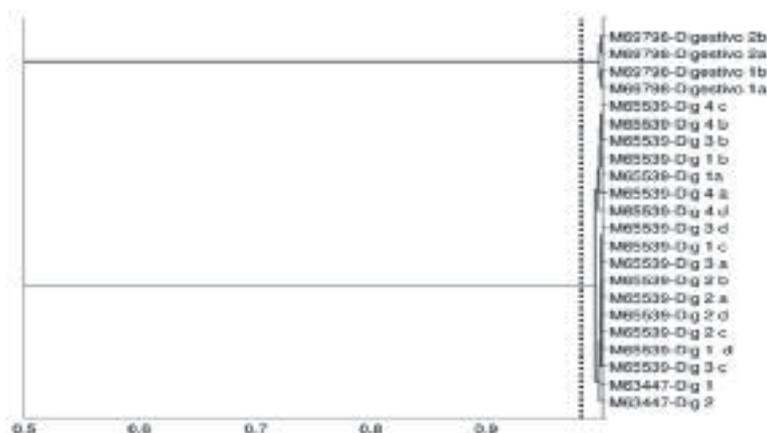


FIGURA 1. Caso 1: dendrograma que muestra la similitud fenotípica de los aislamientos obtenidos en una granja en muestras digestivas de lactantes con colibacillosis en varias fechas diferentes. Los aislamientos se agrupan en dos clusters diferentes y se consideran 2 cepas diferentes.

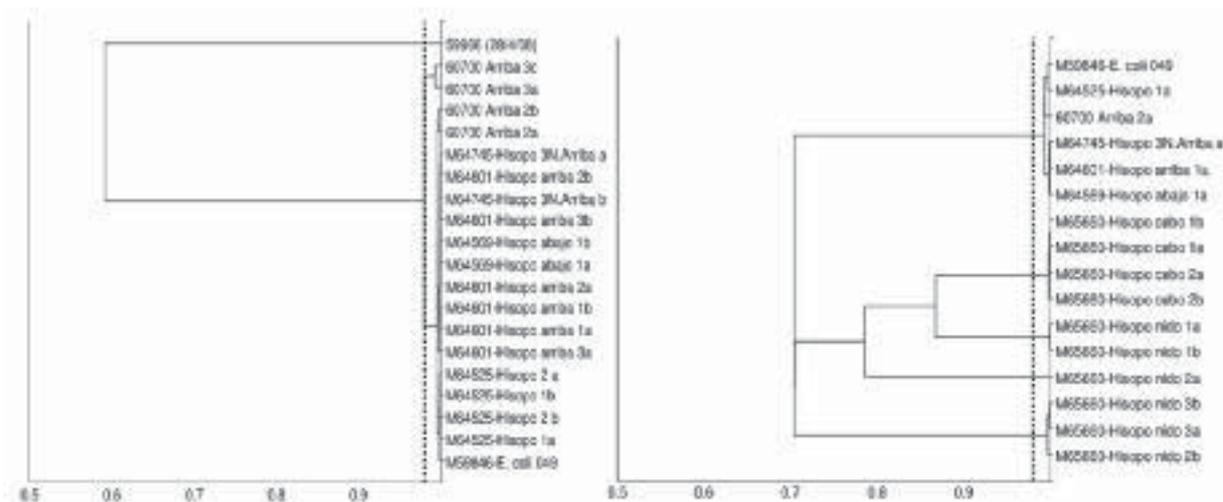


FIGURA 2 y 3. Caso 2: en figura 2 dendrograma de 7 analíticas diferentes de una explotación con problemas de colibacillosis en cebo. En figura 3 se compara un aislamiento de cada una de las 6 analíticas que se agrupan en un cluster en la figura 2 con los aislamientos de una analítica más reciente que se agrupan varios clusters diferentes.

dos los aislamientos de todas las muestras se agrupan en un solo cluster y consisten en una sola cepa. La Figura 3 compara las 8 analíticas y en ella se aprecia como en la última (referencia 65600) en las que se enviaron muestras de animales lactantes y de cebo los aislamientos obtenido se agrupan en distintos cluster, tratándose de cepas distintas a las aisladas anteriormente.

CASO 3

Explotación con problemas de diarreas en cebo y lactantes. Se compararon los aislamientos obtenidos de 2 muestras de animales de cebo y 4 animales lactantes con diarrea en el momento del brote (analítica con referencia 66849) con los obtenidos en 4 muestras analizadas posteriormente. Los resultados se reflejan en la figura 4. El dendrograma nos permite concluir que una única cepa fue la causante del brote de colibacillosis, y que dicha cepa permanece en la explotación varios meses después. No obstante, la variabilidad de cepas encontradas una vez que el brote clínico ha pasado es mucho mayor, apareciendo otras dos cepas diferentes.

CASO 4

Se analizaron todos los aislamientos que el laboratorio había obtenido en una explotación en distintas ocasiones.

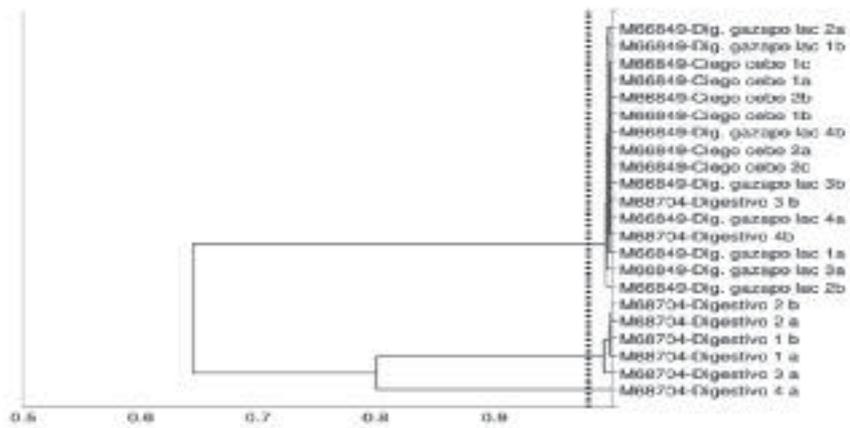


FIGURA 4. Dendrograma que muestra la comparación de aislamientos de *E. coli* del caso 3.

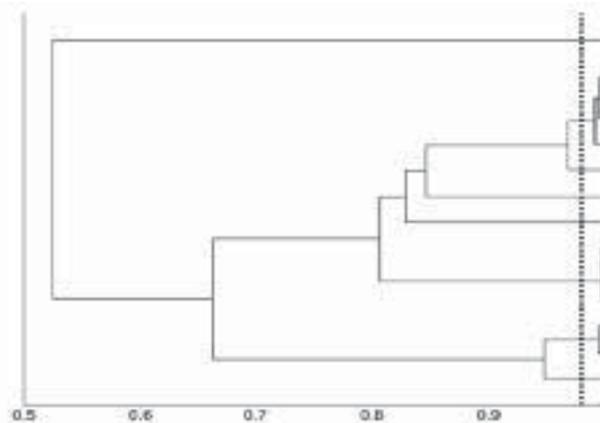


FIGURA 5. Dendrograma que muestra la comparación de aislamientos de *E. coli* del caso 4.

Las distintas analíticas corresponden a distintos brotes de diarrea que afectaron a distintas edades y estados productivos. En este caso se observa una gran variabilidad de cepas.

La tipificación fenotípica de los aislamientos estudiados mediante el sistema PHP ha permitido caracterizar distintas cepas. La capacidad discriminadora del sistema utilizado ha sido demostrada en varios estudios (Katouli et al., 1995; Landgren et al., 2005; Ansaruzzaman et al., 2007; Reyes et al., 2009). Mediante este sistema, Katouli et al. (1995) han demostrado en ganado porcino que la diversidad de cepas de *E. coli* es muy elevada en muestras digestivas de animales sanos mientras que no es así en muestras diarreicas. Nuestros resultados apuntan que algo similar ocurre en conejos, ya que todas las muestras analizadas provienen de conejos con diarrea y en la mayoría de ellas encontramos una única cepa de *E. coli*. Es posible que además de las cepas encontradas en las muestras existan otras cepas residentes de *E. coli* tal y como ha sido demostrado en otros estudios (Kaotuli et al., 1995) pero al seleccionar únicamente entre 2 y 4 aislamientos de cada cultivo para su tipificación lo más probable es que se seleccionen aquellas que se eliminan en mayor número y que son las cepas causantes de la diarrea.

Los resultados obtenidos mediante esta metodología fácilmente aplicable en el laboratorio y económicamente asumible para el análisis de un elevado número de aislamientos pueden ser utilizados con distintos fines. Podemos comparar cepas aisladas en diferentes naves de la misma explotación, en distintas explotaciones, cepas obtenidas en diferentes fechas o momentos productivos, etc., que nos ayudan a entender la epidemiología de muchos procesos causados por *E. coli*. Otras aplicaciones son la selección de cepas sobre las que realizar el test de sensibilidad antibiótica o sobre las que determinar los factores de virulencia, que en el caso de los conejos queda limitado a la determinación de la presencia del gen *eae* (Blanco et al., 1996). En los casos 1 y 3 descritos en este trabajo se encontró la presencia del gen *eae* mediante PCR pero sin embargo no fue así en el caso 2. Aunque la mayoría de

cepas causantes de colibacilosis de alta patogenicidad portan el gen *eae*, existe un porcentaje de las mismas en las que no se encuentra a pesar de producir lesiones histopatológicas, además de que los aislamientos que portan dicho gen pueden pertenecer a serotipos y biotipos distintos (Blanco et al., 1996).

Sin embargo, una de las principales utilidades de este método es la selección de cepas para ser incluidas en una autovacuna elaborada específicamente para una explotación.

Bibliografía

- Ansaruzzaman M., Bhuiyan N.A., Begum Y.A., Kühn I., Nair G.B., Sack D.A., Svennerholm A.M., Qadri F. 2007. Characterization of enterotoxigenic *Escherichia coli* from diarrhoeal patients in Bangladesh using phenotyping and genetic profiling. *J. Med. Microbiol.*: 56 (Pt2):217-222.
- Blanco J.E, Blanco M., Blanco J., Mora A., Balaguer L., Mouriño M., Juárez A., Jansen W.H. 1996. O serogroups, biotypes, and *eae* genes in *Escherichia coli* strains isolated from diarrheic and healthy rabbits. *J. Clin. Microbiol.*, 34(12):3101-7.
- Katouli M., Lund A., Wallgren P., Kühn I., Söderlind O., Möllby R. 1995. Phenotypic characterization of the intestinal *Escherichia coli* of pigs during suckling, post-weaning and fattening periods. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61:778-783.
- Kühn I. 1985. Biochemical fingerprinting of *Escherichia coli*: a simple method for epidemiological investigations. *J. Microbiol Meth*, 3:159-170.
- Kühn I., Möllby R. 1986. Phenotypic variations among enterotoxigenic O-groups of *Escherichia coli* from various human populations. *Med. Microbiol. Immunol.*, 175:15-26.
- Kühn I., Möllby R. 1993. The PhP RS system. A simple microplate method for studying coliform bacterial populations. *J. Microbiol. Meth.*, 17:255-259.
- Landgren M., Odén H., Kühn I., Osterlund A., Kahlmeter G. 2005. Diversity among 2481 *Escherichia coli* from women with community-acquired lower urinary tract infections in 17 countries. *J. Antimicrob. Chemother.*, 55:928-937.
- Möllby R., Kühn I., Katouli M. 1993. Computerised biochemical fingerprinting-a new tool for typing of bacteria. *Rev. Med. Microbiol.*, 4:231-241.
- Reyes D., Vilchez S., Paniagua M., Colque P., Weintraub A., Möllby R., Kühn I. 2009. Diversity of intestinal *Escherichia coli* populations in Nicaraguan children with and without diarrhoea. *J. Med. Microbiol.*, 58:1593-1600.

Impacto del estrés térmico sobre el sistema inmune en conejas reproductoras de diferentes tipos genéticos. Estudio preliminar

Effect of heat stress on immune system of rabbit does from different genetic origin. Preliminary studies

Ferrián S.¹, Guerrero I.¹, Blas E.², García-Diego F.J.², Pascual J.J.², Corpa J.M.^{1*}

¹Dpt. Producción Animal, Sanidad Animal y Ciencia y Tecnología de los Alimentos (Histología y Anatomía Patológica), Facultad de Veterinaria, Universidad CEU Cardenal Herrera, Avda. Seminario s/n, 46113 Moncada, Valencia, España

²Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera 14, 46071 Valencia, España

*Dirección de contacto: jmcorpa@uch.ceu.es

Resumen

En varias especies animales se han observado diferencias genéticas en la respuesta a altas temperaturas. En este trabajo nos planteamos estudiar, de forma controlada, cómo la selección por tamaño de camada (mediante la utilización de 2 generaciones de una misma línea) o por longevidad productiva puede haber afectado a la capacidad inmunitaria (a través del recuento de linfocitos totales en sangre) de las conejas sometidas a un estrés térmico. Los resultados preliminares parecen indicar que la selección por criterios de reproducción (tamaño de camada al destete durante 20 generaciones) podría haber afectado a la capacidad de respuesta inmunitaria de las conejas (ya que se observa una reducción de células defensivas), mientras que la utilización de animales constituidos con criterios de robustez podría permitir niveles reproductivos óptimos, sin pérdidas de capacidad de enfrentarse a desafíos inmunitarios.

Palabras clave: Conejas, linfocitos totales, estrés térmico, origen genético.

Abstract

It has been observed in several animal species that there are genetic differences in response to high temperatures. In this study we aimed to determine, in controlled conditions, how the selection for litter size or productive longevity may have affected the immune capacity of rabbit does subjected to heat stress. Preliminary results suggest that the selection by reproduction criteria (litter size at weaning for 20 generations) could have affected the immune responsive of the rabbit does (as there is a reduction of defensive cells), while the use of animals selected by robustness criteria could allow optimal reproductive levels, without loss of capacity to deal with immune challenges.

Key words: Rabbit does, total lymphocytes, heat stress, genetic origin.

Introducción

En varias especies animales se han observado diferencias genéticas en la respuesta a altas temperaturas (porcino: Zumbach et al., 2008; vacuno: Ravagnolo and Misztal, 2002 y ovino: Pollot and Greeff, 2004), mostrando como no todos los animales tiene la misma capacidad de respuesta frente a estos desafíos ambientales por calor. Se ha descrito que el estrés térmico afecta severamente a las células del sistema inmune, disminuyendo la capacidad de proliferación de las células mononucleares sanguíneas e inhibiendo la diferenciación de los linfocitos B en células secretoras de anticuerpos (Franci et al., 1996a), así como una disminución en la producción de inmunoglobulinas e interleucina 2 y un incremento de proteínas de choque térmico por parte de los linfocitos (Rodenhiser et al., 1985; Franci et al., 1996b). En conejas reproductoras ante un desafío ambiental no programado, Theilgaard et al. (2007) observaron que una línea constituida por criterios de longevidad productiva se veía menos afectada en su nivel reproductivo (número de nacidos vivos) que una línea seleccionada por tamaño de camada al destete.

En este trabajo nos planteamos estudiar, de forma controlada, cómo la selección por tamaño de camada (me-

dante la utilización de 2 generaciones de una misma línea) o por longevidad productiva puede haber afectado a la capacidad inmunitaria (a través del recuento de linfocitos totales en sangre) de las conejas sometidas a un estrés térmico.

Material y métodos

ANIMALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se utilizaron un total de 72 de conejas primíparas procedentes de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Los animales fueron alojados en jaulas "flat-deck" de 700 x 500 x 320 mm, con un ciclo de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad, en condiciones ambientales controladas y se alimentaron *ad libitum* con un pienso comercial formulado para cubrir las necesidades de conejas reproductoras (120 g proteína digestible y 11,7 MJ de energía digestible por kg de materia seca). Se emplearon tres tipos de animales, la línea LP fundada por criterios de longevidad productiva, y las generaciones 16 y 36 de la línea V (V16 y V36) seleccionada por tamaño de camada al destete, ambas de la UPV (Sánchez et al., 2008; Estany et al., 1989).

Este experimento tuvo lugar en la granja experimental del Grupo de Alimentación Animal de la UPV donde, tras el primer parto, los animales de los 3 tipos genéticos se distribuyeron aleatoriamente en 2 grupos experimentales en función de su alojamiento: CC (12 conejas de cada tipo en cámara climática a 25-36°C) y NC (12 conejas de cada tipo en nave convencional a 9-23°C). La cámara climática disponía de un sistema de calefacción/refrigeración que permitió programar la temperatura ambiental siguiendo una curva senoidal de temperatura diaria, con una mínima de 25°C en la madrugada y una máxima de 36°C por la tarde, manteniéndose por encima de los 28°C durante tres cuartas partes del día. Por otra parte, en la nave convencional las temperaturas mínimas registradas variaron entre 9 y 19°C, con un valor medio de 14±2,8°C, y las temperaturas máximas variaron entre 10 y 23°C, con un valor medio de 20±4,3°C, estando dentro del rango de confort térmico para conejas reproductoras.

Todos los animales se inseminaron a los 11 días post-parto (y cada 21 días hasta gestación efectiva), y sus camadas se estandarizaron al parto (para mantener constante el esfuerzo productivo entre los distintos tipos genéticos) y destetadas a los 28 días de edad.

El protocolo experimental utilizado en este estudio fue aprobado por el Comité Ético de Bienestar Animal de la Universidad Politécnica de Valencia, de acuerdo al Real Decreto 1201/2005, de 10 de octubre, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos.

TOMA DE MUESTRAS

Se obtuvieron muestras de sangre, en tubos de 1 mL con EDTA, a partir de la arteria central de la oreja en cuatro ocasiones: primer parto (momento en el que los animales fueron introducidos en las naves experimentales), 4 y 10 días después del primer parto y en el segundo parto.

La extracción de sangre se realizó siempre a la misma hora (9:00-11:00h), con el objeto de minimizar las variaciones diurnas en los parámetros hematológicos y se almacenó sin refrigerar para evitar artefactos en las células.

ESTUDIOS HEMATOLÓGICOS Y DE CITOMETRÍA DE FLUJO

Se realizó un análisis de las células sanguíneas en 1 mL de sangre completa donde se valoraron eritrocitos, leucocitos y plaquetas ($\times 10^6 / \mu\text{l}$) en un contador celular (MEK- 6410, Nihon Kohden, Japan). Para obtener la fórmula leucocitaria se realizaron extensiones sanguíneas de cada muestra y se tiñeron con la tinción de May-Grünwald-Giemsa.

Los estudios de citometría de flujo se llevaron a cabo de forma análoga a lo descrito previamente por Guerrero et al. (2011). Los anticuerpos primarios utilizados se muestran en la Tabla 1. Como anticuerpos secundarios se utilizó un Goat anti-mouse IgM: R-Phycoerythrin –human adsorbed- [AbD Serotec].

ESTUDIOS ESTADÍSTICOS

Para analizar la evolución de los linfocitos totales en sangre de conejas reproductoras, se utilizó un modelo mixto (PROC MIXED; Statistical Analysis System, 2002), de acuerdo a un diseño de medidas repetidas que tiene en cuenta la variación entre animales y la covariación entre ellos. El modelo incluyó como efectos fijos el tipo genético (LP, V16 y V36), el alojamiento (CC y NC), el control (parto 1, día 4, día 10 y parto 2) y sus interacciones.

TABLA 1. Anticuerpos monoclonales utilizados en este estudio.

Anticuerpos monoclonales	Isotipo	Especificidad	Diana	Clon	Casa comercial
Mouse anti-human CD14: FITC	IgG2a	CD14	Monocitos y granulocitos	TÜK 4	AbD Serotec
Mouse anti-rabbit α -CD45	IgM	CD45	Todos los leucocitos	ISC76A	VMRD, Inc.

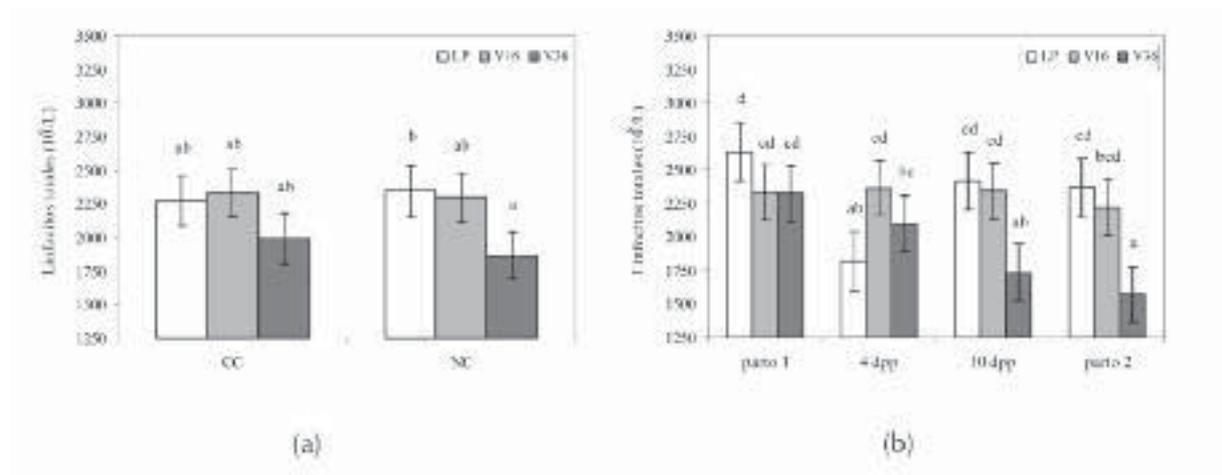


FIGURA 1. Linfocitos totales en sangre periférica en conejas reproductoras: (a) efecto del alojamiento (CC, cámara climática y NC, nave convencional) y (b) evolución entre el primer y segundo parto para los diferentes tipos de animales estudiados (LP, V16 y V36). dpp: días post parto..

Resultados y discusión

El tipo genético de la coneja parece afectar al recuento de linfocitos totales en sangre ($P=0,0625$). Así, las conejas de la línea LP y V16 mostraron un mayor recuento de linfocitos totales en sangre periférica (2308 ± 135 y $2314 \pm 125 \times 10^6/L$, respectivamente) que las conejas V36 ($1929 \pm 128 \times 10^6/L$). Varios trabajos previos, han mostrado indicios de la mayor robustez de la línea de conejas LP cuando se compara con la línea V, mostrando una mayor plasticidad en la utilización de sus recursos para sobreponerse con éxito a desafíos ambientales y productivos (Theilgaard et al., 2007). Estos resultados, podrían ir en esa misma dirección, pudiendo ser un indicador de una posible mejor predisposición para superar con éxito desafíos de tipo inmunológico, factor también condicionante de la esperanza de vida de los animales en granja. Estas diferencias observadas entre tipos animales fueron similares en ambos ambientes (nave y cámara), aunque sólo se observaron diferencias significativas en nave (Figura 1a).

Respecto a la evolución de los linfocitos totales a lo largo del periodo estudiado, también se observaron diferencias entre los grupos estudiados. Mientras que los animales LP presentaron una disminución de linfocitos a los 4 dpp y una posterior recuperación (10 dpp y segundo parto), en los animales V36 esta población celular fue reduciéndose de forma continuada hasta el segundo parto. Sin embargo, las conejas V16 mantuvieron una cantidad constante de linfocitos totales durante todo el estudio (Figura 1b). En un trabajo previo de nuestro grupo (Guerreiro et al., 2011) se observó que únicamente aquellas conejas que sufrían un menor desgaste durante el periodo gestación-lactación eran capaces de modular su número de linfocitos, lo que podría indicar una mayor capacidad de adaptación en las conejas LP.

Los tres grupos de animales (LP, V16 y V36) se comportaron de forma similar en la nave refrigerada y en la cámara climática, no observándose grandes diferencias en los valores medios de linfocitos totales. En cuanto a la evolución de los mismos es similar a lo ya descrito anteriormente para las medias generales. Por otra parte, la mortalidad fue del 16,7% para la línea LP (2 animales) y del 41,7% para la línea V36 (5 animales), y tuvo lugar únicamente en los grupos ubicados en la cámara climática. No murió ningún animal de la línea V16. Las muertes se registraron al final de la gestación probablemente relacionada con un mayor esfuerzo corporal, especialmente en los animales V36.

Como conclusión, estos resultados a priori podrían indicar que la selección por criterios de reproducción (tamaño de camada al destete durante 20 generaciones) podría haber afectado a la capacidad de respuesta inmunitaria de las conejas (ya que se observa una reducción de células defensivas), mientras que la utilización de animales constituidos con criterios de robustez (como es la línea LP; Theilgaard et al., 2009) podría permitir niveles reproductivos óptimos, sin pérdidas de capacidad de enfrentarse a desafíos inmunitarios.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por proyectos de investigación de varias entidades: Universidad CEU Cardenal Herrera (Banco Santander/CEU-UCH: Programa Copernicus (PRCEU-UCH/COOP 01/08), Generalitat Valenciana (ACOMP/2009/207 y ACOMP/2010/062) y la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (AGL2008-00273/GAN), así como por sendas becas de la Universidad CEU Cardenal Herrera y de la Generalitat Valenciana (Programa Santiago Grisolia) que nos han permitido trabajar en este estudio.

Bibliografía

- Estany J, Baselga M, Blasco A, Camacho J. 1989, Mixed model methodology for the estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits. *Livest Prod. Sci.*, 21:67-75.
- Franci O., Amici A., Margarit R., Merendino N., Piccolella E. 1996a, Influence of thermal and dietary stress on immune response of rabbits. *J Anim Sci.*, 74:1523-1529.
- Franci O., Ranfi F., Scaccini C., Amici A., Merendino N., Tommasi G., Piccolella E. 1996b, Differential effect of alpha-tocopherol and ascorbate on oxidative injury induced in immune cells by thermal stress. *J Biol Regul Homeost Agents.*, 10:54-59.
- Guerrero I., Ferrian S., Blas E., Pascual J.J., Cano J.L., Corpa J.M. 2011, Evolution of the peripheral blood lymphocyte populations in multiparous rabbit does with two reproductive management rhythms. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 140:75-81.
- Pollot G.E., Greeff J.C. 2004, Genotype \times environment interactions and genetic parameters for fecal egg count and production traits of Merino sheep. *J. Anim. Sci.*, 82:2840-2851.
- Ravagnolo O., Misztal I. 2002, Effect of heat stress on non-return rate in Holstein cows: Genetic analyses. *J. Dairy Sci.*, 85:3092-3100.
- Rodenhiser D., Jung J.H., Atkinson B.G. 1985, Mammalian lymphocytes: stress-induced synthesis of heat-shock proteins in vitro and in vivo. *Can. J. Biochem. Cell. Biol.*, 63:711-722.
- Sánchez J.P., Theilgaard P., Mínguez C., Baselga M. 2008, Constitution and evaluation of a long-lived productive rabbit line. *J. Anim. Sci.*, 86:515-525.
- Theilgaard P., Sánchez J.P., Pascual J.J., Berg P., Friggens N.C., Baselga M. 2007. Late reproductive senescence in a rabbit line hyper selected for reproductive longevity, and its association with body reserves. *Genet. Sel. Evol.*, 39:207-223.
- Zumbach B., Misztal I., Tsuruta S., Sanchez J.P., Azain M., Herring W., Holl J., Long T., Culbertson M. 2008, Genetic components of heat stress in finishing pigs: Parameter estimation. *J. Anim. Sci.*, 86:2076-2081.

La caracterización de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de nariz revela su potencial para causar enfermedad en conejos

Characterization of nasal carried Staphylococcus aureus strains reveals their potential to cause disease in rabbits

Selva L.^{1*}, Viana D.¹, Penadés J.R.², Corpa J.M.¹

¹ Dept. Producción y Sanidad Animal, Salud Pública Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad CEU-Cardenal Herrera, Edificio Seminario s/n, 46113 Moncada (Valencia), España

² Centro de Investigación y Tecnología Animal, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Apdo. 187, Polígono La Esperanza 100, 12400 Segorbe (Castellón), España
*Dirección de contacto: jmcropa@uch.ceu.es

Resumen

Staphylococcus aureus es una importante causa de mastitis, pododermatitis y abscesos subcutáneos en conejos. Suele colonizar diferentes localizaciones, destacando la cavidad nasal por su frecuencia. Se examinaron 283 conejos procedentes de 12 granjas con el objetivo de detectar *S. aureus* en nariz y lesiones. El estudio mostró que el 43,81% de los conejos portaba *S. aureus* en su nariz, con una mayor incidencia en los animales que presentaban lesiones por *S. aureus* (75,75%) comparado con animales aparentemente sanos (15,89%). El tipado molecular de las cepas aisladas de 65 animales portadores nasales con lesiones, reveló que en un 92% de los casos las cepas eran iguales. Además, se estudió la presencia en dichas cepas de genes de virulencia, como toxinas exfoliativas, leucotoxinas, superantígenos y MSCRAMMs. Los resultados mostraron que las cepas aisladas de nariz contenían la misma combinación de factores de virulencia que las cepas aisladas de lesiones. Estos datos sugieren que la combinación de genes necesaria para causar enfermedad podría ser también necesaria para la colonización nasal y, además, el desarrollo de lesiones podría depender en mayor medida de factores del hospedador.

Palabras clave: *S. aureus*, conejo, colonización, tipado.

Abstract

Staphylococcus aureus is an important cause of mastitis, pododermatitis and subcutaneous abscesses in rabbits. Different body sites can be colonized (nares, ears, perineum, etc.) being the first the most frequently colonized. Two hundred eighty-three rabbits from 12 rabbitries were examined for the presence of *S. aureus* in nares and lesions. The study showed that 43.81% of rabbits carried *S. aureus* in their nares, with significantly higher incidence in animals with staphylococcal-related lesions (75.75%) compared with apparently healthy animals (15.89%). The molecular typing analysis of the strains isolated from 65 nasal carriers animals with lesions, revealed that strains were undistinguished in 92% of cases. Moreover, the pathogenic arsenal of the strains was screened for the presence of relevant *S. aureus* virulence genes, including exfoliative toxins, leucotoxins, superantigens and MSCRAMMs. The results showed that the nasal carried strains contained the same combination of virulence factors that strains isolated from lesions. Our data suggest that the *S. aureus* gene combinations necessary for invasive diseases may also be necessary for nasal colonization and, therefore, the development of lesions is strongly dependent of host factors.

Key words: *S. aureus*, rabbit, colonization, typing.

Introducción

S. aureus coloniza la piel y mucosas de humanos y animales. En conejos, esta bacteria infecta lesiones dérmicas e invade el tejido subcutáneo (Okerman et al., 1984) causando diferentes lesiones: mastitis, pododermatitis y abscesos

(Segura et al., 2007; Corpa et al., 2009). Aunque múltiples sitios del cuerpo pueden ser colonizados, en humanos la nariz es el más frecuente (Wertheim et al., 2005). Sin embargo, en animales existen pocos estudios acerca de la presencia de portadores nasales de *S. aureus*. El porcentaje de portadores nasales varía según las diferentes especies estudiadas: 7,9% en caballos (Burton et al., 2008), 29% en ovejas (Vautor et al., 2005) y 32,1% en conejos (Hermans et al., 1999).

En humanos, una relación causal entre portador nasal de *S. aureus* e infección se apoya en el hecho de que las cepas nasales y las infectantes muestran el mismo genotipo (von Eiff et al., 2001). Feil et al. (2003) no encontraron diferencias significativas en la distribución de genotipos entre cepas aisladas de portadores y de pacientes con enfermedad. Además, otro estudio comparó cepas aisladas de personas sanas versus enfermas, sin conseguir identificar marcadores genéticos asociados a la infección (Lindsay et al., 2006).

En conejos, aunque sí se ha descrito la presencia de portadores nasales (Hermans et al., 1999), el papel de estas cepas en el proceso patológico no está claro, aunque se acepta la idea general de que las infecciones por *S. aureus* aparecen en la granja tras la introducción de animales asintomáticos que son portadores nasales (Devriese et al., 1981). El objetivo de este trabajo es comparar las cepas aisladas de conejos sanos portadores nasales y de animales con lesión en busca de posibles diferencias entre ellas.

Material y métodos

EXAMEN CLÍNICO, RECOGIDA DE MUESTRAS Y CULTIVO MICROBIOLÓGICO

Se estudiaron 12 granjas industriales con estafilococia. Se recogieron un total de 283 conejas: 151 sin lesiones aparentes y 132 con diferentes tipos de lesiones compatibles con infecciones por *S. aureus*. Se recogieron muestras de nariz y lesiones con ayuda de un hisopo estéril, y fueron inoculadas en agar sangre (BioMérieux, Marcy l'Étoile, France). Se incubaron en aerobiosis a 37°C durante 24-48 horas, identificando *S. aureus* en base a sus características morfológicas y propiedades hemolíticas (Devriese et al., 1996).

COMPARACIÓN GENÓMICA DE ASILADOS DE *S. AUREUS* MEDIANTE TIPADO MOLECULAR, MLST, AGR, Y ESTUDIO DE TOXINAS Y MSCRAMMS

El método de tipado molecular utilizado se basa en el análisis de las regiones polimórficas de los genes *coa*, *spa* y *clfB*, como se describe en Viana et al. (2007). El tipado por MLST se realizó siguiendo la metodología descrita por Enright et al. (2000) y el polimorfismo en el gen *agr* fue analizado de acuerdo a Gilot et al. (2002). Además, se analizó la presencia de los factores de patogenicidad de *S. aureus* más importantes: *bbp*, *clfA*, *cna*, *ebpS*, *fnbA*, *fnbB*, *fib*, *m/eap* y *sdrC*, los cuales codifican MSCRAMMs y toxinas (enterotoxinas: *sea*, *seb*, *sec*, *sed*, *see*, *seg*, *seh*, *sei*, *sej*, *selk*, *sell*, *selm*, *seln*, *selo*, *selp*, *selq* and *selu*, *tst*, *hlg* y *pvl*) mediante PCR.

MASTITIS ESTAFILOCÓICA EXPERIMENTAL

Comparamos la respuesta obtenida tras la infección de la glándula mamaria de 5 conejas en lactación, con 2 cepas con el mismo origen clonal, pero aisladas de animales diferentes, una de un conejo portador nasal sano y otra de una mamitis. Para ello utilizamos el procedimiento experimental utilizado por Adlam et al. (1976) con algunas variaciones.

Resultados y discusión

Una parte de este estudio consistía en conocer la tasa de portadores nasales de *S. aureus*. El 43,81% de los conejos portaban la bacteria en su nariz, con una mayor prevalencia en los animales que presentaron lesiones por *S. aureus* (75,75%) comparado con los animales sanos (15,89%).

Existe cierta controversia acerca de si todas las cepas de *S. aureus* tienen el mismo potencial para producir enfermedad o si la aparición de lesiones va asociada a genotipos particularmente virulentos. En conejos, a nivel individual, los signos clínicos son los mismos, no importa qué cepa de *S. aureus* esté involucrada (Vancaerneyest et al., 2006; Viana et al., 2007). Sin embargo, a nivel de granja, se han descrito clásicamente 2 tipos de cepas, las de alta y baja virulencia. Para conocer si las cepas aisladas de nariz estaban relacionadas genéticamente con las aisladas de lesión, se llevó a cabo el tipado molecular de las cepas obtenidas de 65 animales con lesiones que también resultaron ser portadores nasales de *S. aureus*. En el 92% de los casos, las cepas eran idénticas. El genotipo más extendido fue el A1/II1/δ, como se describe en Viana et al. (2007). El análisis por MLST de los 4 genotipos más exten-

TABLA 1. Comparación genómica de aislados de *S. aureus* mediante tipado molecular, MLST, *agr*, y estudio de toxinas y MSCRAMMs.

Origen cepas	Genotipo	MLST	<i>agr</i>	<i>clfA</i>	<i>fmbA</i>	<i>sdnC</i>	<i>m/eap</i>	<i>fib</i>	<i>hbp</i>	<i>ebpS</i>	<i>cna</i>	<i>fmbB</i>	<i>tst</i>	<i>hlg</i>	<i>pvf</i>
Mastitis	A1 III ♂	121	IV	+	+	+	2	+	+	+	3	-	-	+	-
Mastitis	A1 III ♂	121	IV	+	+	+	2	+	+	+	3	-	-	+	-
Nariz	A1 III ♂	121	IV	+	+	+	2	+	+	+	3	-	-	+	-
Mastitis	A1 III ♂	121	IV	+	+	+	2	+	+	+	3	+	-	+	-
Nariz	A1 III ♂	121	IV	+	+	+	2	+	+	+	3	+	-	+	-
Mastitis	B1 IV1 ♂	96	III	+	+	+	1	+	-	+	1	+	-	+	-
Nariz	B1 IV1 ♂	96	III	+	+	+	2	+	-	+	1	+	-	+	-
Mastitis	B1 IV2 ♂	96	III	+	+	+	1	+	-	+	1	+	-	+	-
Nariz	B1 IV2 ♂	96	III	+	+	+	2	+	-	+	1	+	-	+	-

TABLA 2. Comparación del patrón de enterotoxinas entre aislados de *S. aureus*.

Origen cepas	Genotipo	<i>sea</i>	<i>seb</i>	<i>sec</i>	<i>sef</i>	<i>see</i>	<i>seg</i>	<i>seh</i>	<i>sei</i>	<i>sej</i>	<i>selm</i>	<i>sefr</i>	<i>selo</i>	<i>seip</i>	<i>selq</i>	<i>selr</i>
Mastitis	A1 III ♂	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	+
Mastitis	A1 III ♂	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	+
Nariz	A1 III ♂	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Mastitis	A1 III ♂	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Nariz	A1 III ♂	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
Mastitis	B1 IV1 ♂	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Nariz	B1 IV1 ♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mastitis	B1 IV2 ♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Nariz	B1 IV2 ♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLA 3. Evaluación macroscópica y microscópica de la mastitis experimental.

Nº conejo	MIM			VH	MIN		
	Inflamación	Necrosis	VH		Inflamación	Necrosis	VH
1	Moderada	Ligera	2	Moderada	Ligera	2	
2	Severa	Severa	1	Severa	Severa	1	
3	Ligera	Negativa	0	Moderada	Ligera	3	
4	Severa	Severa	1	Severa	Severa	1	
5	Ligera	Negativa	0	Ligera	Ligera	3	

MIM: mama inoculada con cepa de mastitis, MIN: mama inoculada con cepa nasal, VH: valoración histopatológica.

Los aislados confirmaron que las cepas de igual genotipo, pertenecían al mismo linaje (tabla 1). Del mismo modo, los aislados de nariz y lesión de igual genotipo presentaban idéntico *agr* (Tabla 1).

Se ha descrito que algunos factores de virulencia, como las toxinas, son portados en la bacteria en elementos genéticos móviles (Lindsay y Holden, 2006), por ello analizamos la posibilidad de que cepas relacionadas clonalmente tuvieran distinto arsenal de factores de virulencia. Como se muestra en las Tablas 1 y 2, estudiamos 27 genes de relevancia clínica. Obteniendo, de nuevo, homología en su arsenal de virulencia entre todos los pares de cepas analizados, excepto en 7 casos (sombreado Tablas 1 y 2).

En resumen, las cepas aisladas de lesión resultaron ser idénticas a las aisladas de portadores nasales asintomáticos, confirmando el potencial de estas últimas para desarrollar estafilococias en conejos.

Por último, y para confirmar que efectivamente las cepas aisladas de nariz eran capaces de producir lesión, llevamos a cabo una mastitis experimental. Las lesiones fueron valoradas macroscópicamente, en base a la extensión de la inflamación producida (tabla 3): negativa (<0,5 cm), ligera (0,5-2 cm), moderada (2-5 cm), y severa (>5 cm). El área de necrosis fue definida como: negativa, ligera (<2 cm), moderada (2-5 cm), y severa (>5 cm). Las lesiones histopatológicas fueron clasificadas de acuerdo a su tamaño y grado de necrosis e inflamación: 0) sin inflamación o

necrosis, 1) ligera inflamación y necrosis, 2) moderada inflamación y necrosis y 3) intensa inflamación y necrosis. La cepa aislada de un conejo portador nasal sano produjo el mismo tipo de lesión que la cepa aislada de una mastitis clínica, lo que confirmaba nuestra hipótesis.

Aunque queda por determinar si existe una correlación entre el estado de portador nasal y la aparición de lesiones por *S. aureus* en conejos, cabe destacar que las cepas nasales poseen la misma combinación de genes que las cepas clínicas. Algunos clones han demostrado ser más virulentos que otros, sin embargo, este estudio podría apoyar la hipótesis de que, dadas las condiciones clínicas adecuadas, todas y cada una de las cepas de *S. aureus* podrían convertirse en patógenas.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por proyectos de investigación de varias entidades: Universidad CEU Cardenal Herrera (Banco Santander/CEU-UCH: Programa Copernicus y PRCEU-UCH 33/09), Generalitat Valenciana (GV05/202, BEST/2007/160, ACOMP/2009/207 y ACOMP/2010/062) y la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (AGL2008-00273/GAN).

Bibliografía

- Adlam C., Thorley C.M., Ward P.D., Collins M., Lucken R.N., Knight P.A. 1976, *Natural and experimental staphylococcal mastitis in rabbits. J. Comp. Pathol.*, 86:581-593.
- Burton S., Reid-Smith R., McClure J.T., Weese J.S. 2008, *Staphylococcus aureus* colonization in healthy horses in Atlantic Canada. *Can. Vet. J.* 49:797-799.
- Corpa J.M., Hermans K., Haesebrouck F. 2009. *Main pathologies associated with Staphylococcus aureus* infections in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 17:115-125.
- Devriese L.A., Godard C., Okerman L., Renault L. 1981. *Characteristics of Staphylococcus aureus* strains from rabbits. *Ann. Rech. Vet.*, 12:327-332.
- Devriese L.A., Hendrickx W., Godard C., Okerman L., Haesebrouck F. 1996. *A new pathogenic Staphylococcus aureus* type in commercial rabbits. *Zentralbl Veterinarmed B*, 43:313-315.
- Enright M.C., Day N.P., Davies C.E., Peacock S.J., Spratt B.G. 2000. *Multilocus sequence typing for characterization of methicillin-resistant and methicillin-susceptible clones of Staphylococcus aureus. J. Clin. Microbiol.*, 38:1008-1015.
- Feil E.J., Cooper J.E., Grundmann H., Robinson D.A., Enright M.C., Berendt T., Peacock S.J., Smith J.M., Murphy M., Spratt B.G., Moore C.E., Day N.P. 2003. *How clonal is Staphylococcus aureus? J. Bacteriol.*, 185:3307-3316.
- Gilot P., Lina G., Cochard T., Poutrel B. 2002. *Analysis of the genetic variability of genes encoding the RNA III-activating components Agr and TRAP in a population of Staphylococcus aureus* strains isolated from cows with mastitis. *J. Clin. Microbiol.*, 40:4060-4067.
- Hermans K., De Herdt P., Devriese L.A., 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.
- Lindsay J.A., Holden M.T. 2006. *Understanding the rise of the superbug: investigation of the evolution and genomic variation of Staphylococcus aureus. Funct. Integr. Genomics*, 6:186-201.
- Lindsay J.A., Moore C.E., Day N.P., Peacock S.J., Witney A.A., Stabler R.A., Husain S.E., Butcher P.D., Hinds, J. 2006. *Microarrays reveal that each of the ten dominant lineages of Staphylococcus aureus* has a unique combination of surface-associated and regulatory genes. *J. Bacteriol.*, 188:669-676.
- Okerman L., Devriese L.A., Maertens L., Okerman F., Godard C. 1984. *Cutaneous staphylococcosis in rabbits. Vet. Rec.*, 114:313-315.
- Segura P., Martinez J., Peris B., Selva L., Viana D., Penades J.R. Corpa, J.M. 2007. *Staphylococcal infections in rabbit does on two industrial farms. Vet. Rec.*, 160:869-872.
- Vancraeynest D., Hermans K., Haesebrouck F. 2006. *Prevalence of genes encoding exfoliative toxins, leucotoxins and superantigens among high and low virulence rabbit Staphylococcus aureus* strains. *Vet. Microbiol.*, 117:211-218.
- Vautour E., Abadie G., Guibert J.M., Chevalier N., Pepin M. 2005. *Nasal carriage of Staphylococcus aureus* in dairy sheep. *Vet. Microbiol.*, 106:235-239.
- Viana D., Selva L., Segura P., Penades J.R., Corpa J.M. 2007. *Genotypic characterization of Staphylococcus aureus* strains isolated from rabbit lesions. *Vet. Microbiol.*, 121:288-298.
- von Eiff C., Becker K., Machka K., Stammer H., Peters G. 2001. *Nasal carriage as a source of Staphylococcus aureus* bacteremia. *Study Group. N. Engl. J. Med.*, 344:11-16.
- Wertheim H.F., Melles D.C., Vos M.C., van Leeuwen W., van Belkum A., Verbrugh H.A., Nouwen J.L., 2005. *The role of nasal carriage in Staphylococcus aureus* infections. *Lancet Infect. Dis*, 5:751-762.

Efecto del diclazuril en la coccidiosis del conejo

Effect of diclazuril on rabbit coccidiosis

del Cacho E.¹, Lasa C.², Homedes J.²

¹Dept. de Patología Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, España

²Laboratorios Dr. Esteve, Avda. Mare de Déu de Montserrat 221, 08041 Barcelona, España

Dirección de contacto: edelcachi@unizar.es

Resumen

La finalidad de este trabajo es obtener información actualizada sobre la utilización de diclazuril en el control de la coccidiosis del conejo de engorde. Se evaluó la eficacia del diclazuril en el curso de un proceso subclínico de coccidiosis mediante una prueba en batería. Se realizó una infección experimental en animales de 35 días de vida. Mediante sonda directa al estómago se inocularon 20.000 ooquistes esporulados de *E. intestinalis*, *E. magna* y *E. media* por conejo. El consumo de pienso, la ganancia en peso, la producción de ooquistes y la observación clínica fueron los parámetros utilizados para evaluar el efecto del diclazuril. Nuestros resultados demuestran que Clinacox proporciona una excelente protección frente a la coccidiosis del conejo. Los parámetros productivos y parasitológicos fueron mejores en los conejos tratados con diclazuril que en aquellos tratados con robenidina.

Palabras clave: Conejo, *Eimeria*, diclazuril.

Abstract

The purpose of this trial is to generate up to date results of diclazuril vs robenidine in the control of coccidiosis in fattening rabbits. In this battery trial, the efficacy of clinacox in a mild coccidiosis was tested in rabbits. Sporulated oocysts (20,000) of E. intestinalis, E. magna and E. media were used for experimental infection. Eimeria oocysts were administered by intubation to the stomach at 35 days of life. Feed consumption, body weight change, oocyst excretion and clinical observations were used as parameters to evaluate the efficacy of diclazuril. According to our results Clinacox® provided an excellent protection against clinical coccidiosis in rabbits. Performance and parasitological parameters were significantly better in rabbits supplemented with diclazuril than in rabbits fed with robenidine.

Key words: Rabbit, *Eimeria*, diclazuril.

Introducción

La coccidiosis es una de las enfermedades más importantes en la producción de conejo de carne. En aquellos sistemas de producción que implican mantener a los animales en el suelo (producción familiar de conejo o producción de conejo de caza) la infección por *Eimeria* produce diarreas e incluso la muerte de algunos animales. La utilización de jaulas elevadas con suelo de rejilla implica la presencia de un escaso número de ooquistes en el hábitculo del conejo (Catchpole y Norton, 1979). Por tanto se desencadena un proceso subclínico de coccidiosis que conlleva pérdidas económicas debidas a un retraso en el crecimiento y empeoramiento de las características productivas (Peeters et al., 1981). Puesto que no existen vacunas frente a la coccidiosis del conejo, la utilización de los coccidiostáticos es la única forma de prevenir las pérdidas económicas que desencadena la infección por *Eimeria* en conejos.

Material y métodos

Se utilizaron 64 conejos New Zealand White obtenidos en el Servicio de Experimentación Animal de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza. Se distribuyeron en cuatro tratamientos:

- A) Animales no infectados y no tratados
- B) Animales infectados y no medicados

C) Animales infectados y tratados con Robenidina

D) Animales infectados y tratados con Dicazuril

Se colocaron 4 conejos por jaula y se llevaron a cabo 4 repeticiones por tratamiento de tal forma que se utilizaron 16 jaulas. La infección se realizó a los 35 días de vida y cada animal recibió 20.000 ooquistes esporulados de *Eimeria intestinalis*, 20.000 ooquistes de *E. magna* y 20.000 ooquistes de *E. media*. La infección experimental se realizó mediante sonda directa al estómago. Se anotó el peso por jaula y el pienso consumido a los 28, 35, 42, 49, 56 y 70 días de vida. Mediante la utilización de cámaras de McMaster se cuantificó el número de ooquistes por gramo de heces a los 28, 35, 45, 52, 59 y 70 días de vida.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos entre los 28 y los 35 días de vida. Los animales no habían sido infectados y como se puede comprobar no se detectaron diferencias significativas entre los diferentes grupos experimentales.

TABLA 1. Parámetros productivos antes de la infección (28-31 días de vida).

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Ganancia en peso/día	Consumo de pienso/día	Índice de conversión	Mortalidad %
No infectado No tratado	681	933	31,3	91,2	2,9	0
Infectado No tratado	688	935	31,0	89,9	2,9	0
Cycostat	695	969	34,2	92,6	2,7	0
Clinacox	688	950	32,8	91,0	2,7	0

No se encontraron diferencias significativas $P < 0,05$.

En la Tabla 2 se muestran los datos obtenidos entre los 35 y los 72 días de vida. Se puede observar que los animales infectados y no tratados muestran los peores parámetros productivos. El tratamiento con robenidina mejora el crecimiento de los animales infectados con *Eimeria*. Sin embargo, presentan peores parámetros productivos que los animales tratados con diclazuril. Los parámetros productivos de los animales tratados con diclazuril e infectados con *Eimeria* no mostraron diferencias significativas con respecto a los animales no infectados y no tratados. En el caso del consumo de pienso por día cabe destacar que no se observaron diferencias significativas entre los animales que recibieron coccidiostático. Pero los que se trataron con robenidina presentaron cierta tendencia a consumir más pienso que los tratados con diclazuril.

TABLA 2. Parámetros productivos después de la infección (31-70 días de vida).

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Ganancia en peso/día	Consumo de pienso/día	Índice de conversión	Mortalidad %
No infectado No tratado	933	2364a	42,0a	127,5a	3,0a	0
Infectado No tratado	935	2028b	32,1b	120,1b	3,7b	0
Cycostat	969	2284c	38,6c	130,1a	3,3c	0
Clinacox	950	2386a	42,2a	128,3a	3,0a	0

Medias en la misma columna con letras distintas son significativamente diferentes. $P < 0,05$.

Todos los animales infectados expulsaron ooquistes a través de las heces. Los animales infectados y no tratados eliminaron una mayor cantidad de ooquistes que los animales infectados y tratados con coccidiostáticos. Por tanto la robenidina y el diclazuril determinaron una reducción en la cantidad de ooquistes eliminados a través de las heces después de la infección. Sin embargo la utilización del diclazuril determinó que los animales infectados eliminaran menos ooquistes que el resto de los grupos experimentales (Figura 1).

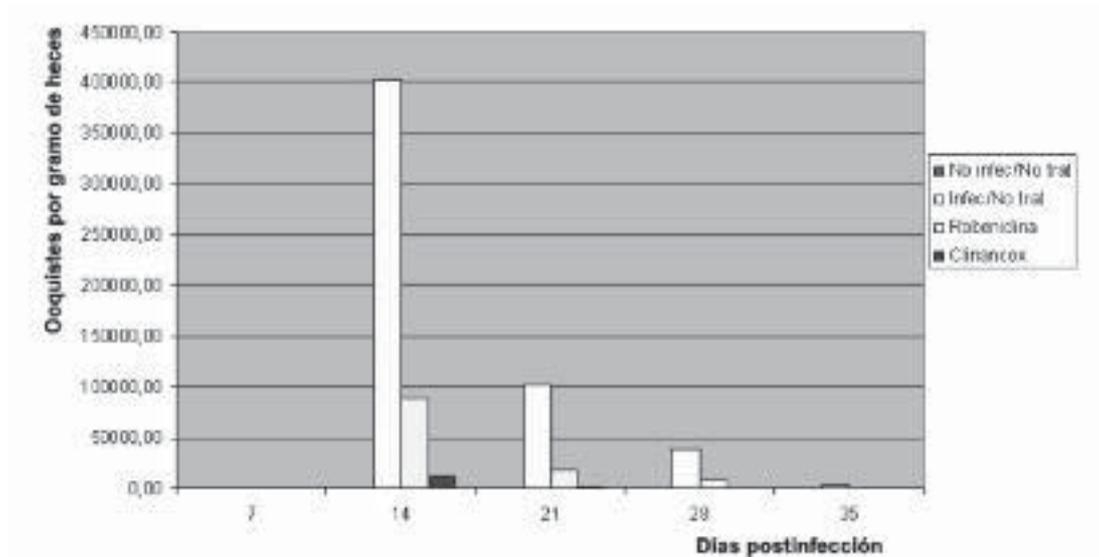


FIGURA 1. Cuantificación de ooquistes excretados a través de las heces. Los resultados se presentan como ooquistes por gramo de heces (OPG).

Levine e Ivens (1972) revisaron todas las especies de *Eimeria* que se relacionan con la coccidiosis del conejo. Las tres especies utilizadas en este trabajo se consideran como patógenas, siendo *E. media* la más patógena de todas ellas (Peeters et al., 1981). Por tanto hemos realizado una infección experimental con 20.000 ooquistes de cada una de estas especies para desencadenar un proceso subclínico y de esta forma simular las condiciones que suceden en las explotaciones de conejo de carne. De este trabajo se desprende que la robenidina es eficaz en la prevención de la coccidiosis del conejo, pero los animales infectados y tratados con robenidina presentan menor peso final que los animales no infectados. Sin embargo los animales infectados y tratados con diclazuril mantuvieron los parámetros productivos iguales a los controles. Por tanto el diclazuril demostró ser más eficaz que la robenidina en el control de la coccidiosis intestinal del conejo. Vanparijis et al. (1989) obtuvieron resultados similares al comparar el efecto de la robenidina con el diclazuril frente a la coccidiosis del conejo. Por tanto se puede concluir que el diclazuril mantiene mejor efecto quimioproláctico y terapéutico frente a la coccidiosis intestinal del conejo que la robenidina.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Laboratorios Esteve por la financiación de este trabajo. Asimismo los autores agradecen al Servicio de Experimentación Animal de la Universidad de Zaragoza el alojamiento y cuidado de los animales de experimentación.

Bibliografía

- Catchpole J., Norton, C.C. 1979. *The species of Eimeria in rabbits for meat production in Britain. Parasitology*, 79:249-257.
- Levine N.D., Ivens V. 1972.. *Coccidiosis of the leporidae. J. Protozool.*, 19:572-581.
- Peeters J.E., Geeroms R., Froyman R., Halen P. 1981. *Coccidiosis in rabbits: a field study. Res. Vet. Sci.*, 30:328-334.
- Vanparijs O. Hermans L., Van Der Flaes L., Marsboom R. 1989. *Efficacy of Diclazuril in the prevention and cure of intestinal and hepatic coccidiosis in rabbits. Vet. Parasitol.*, 32:109-117.

Farmacocinética de marbofloxacin en conejos tras su administración subcutánea

Pharmacokinetic of marbofloxacin in rabbits after subcutaneous administration

Marín P., Álamo L.F., Cárceles C.M., Escudero E., Hernandis V., Fernández-Varón E.

Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Murcia, Campus de Espinardo, 30071 Murcia, Spain

Dirección de contacto: pmarin@um.es

Resumen

La farmacocinética de marbofloxacin fue estudiada en conejos sanos ($n=6$) tras la administración subcutánea de una dosis de 2 mg/kg. Las concentraciones de marbofloxacin fueron determinadas mediante cromatografía de alta resolución (HPLC) con detector de fluorescencia, y ajustadas a modelos compartimentales y no compartimentales. Marbofloxacin alcanzó una concentración plasmática máxima de $1,65 \pm 0,18$ mg/L a las $0,29 \pm 0,14$ horas. La vida media de eliminación fue de $1,98 \pm 0,64$ h. Marbofloxacin mostró un perfil farmacocinético favorable tras su administración subcutánea en el conejo. De estos datos, podemos concluir que marbofloxacin a dosis de 2 mg/kg podría ser efectivo frente a cepas de bacterias sensibles en el conejo.

Palabras clave: Marbofloxacin, Fluoroquinolonas, Farmacocinética, conejos.

Abstract

The single-dose disposition kinetics of marbofloxacin were determined in clinically normal rabbits ($n=6$) after subcutaneous administration of 2 mg/kg bodyweight. Marbofloxacin concentrations were determined by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. The concentration-time data were analyzed by compartmental and non-compartmental kinetic methods. Marbofloxacin achieved maximum plasma concentration of 1.65 ± 0.18 mg/L at 0.29 ± 0.14 h. The terminal half-life was 1.98 ± 0.64 h. Marbofloxacin showed a favourable pharmacokinetic profile in rabbits after subcutaneous administration. From this data, it seems that a 2 mg/kg dose of marbofloxacin would be effective by subcutaneous administration in rabbits against susceptible bacterial strains.

Key words: Marbofloxacin, Fluoroquinolones, Pharmacokinetics, rabbits.

Introducción

Las fluoroquinolonas son un grupo de antibióticos sintéticos que actúan inhibiendo la ADN topoisomerasa II y IV (Wolfson y Hooper, 1989; Drlica y Zhao, 1997). Presentan una actividad bactericida amplia frente a microorganismos aerobios Gram-negativos y Gram-positivos, y micoplasmas (Hannan et al., 1997; Watts et al., 1997). Además, las fluoroquinolonas presentan unas buenas características farmacocinéticas como amplios volúmenes de distribución, baja unión a proteínas plasmáticas y bajas concentraciones mínimas inhibitorias (CMI) frente a bacterias sensibles (Brown, 1996). Marbofloxacin es una nueva fluoroquinolona que ha sido desarrollada para uso exclusivo en Medicina Veterinaria, y puede ser potencialmente efectiva para el tratamiento de infecciones bacterianas en conejos.

En la actualidad, el conejo no solo se considera como un animal de producción, sino que forma parte del grupo de los animales de compañía, por tanto, es necesario considerar nuevas estrategias en el tratamiento de infecciones bacterianas que afectan a esta especie. La farmacocinética de varias fluoroquinolonas ha sido previamente publicada en conejo, y raramente estos antibióticos provocan efectos adversos en esta especie, entre las quinolonas estudiadas encontramos danofloxacin (Fernández-Varón et al., 2007), enrofloxacin (Elmas et al., 2007), moxifloxacin (Fernández-Varón et al., 2005), difloxacin (Fernández-Varón et al., 2008), ofloxacin (Marangos et al., 1997) y orbifloxacin (Marín et al., 2008).

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue estudiar la farmacocinética de marbofloxacino en el conejo, tras su administración subcutánea.

Material y métodos

Para la realización del presente estudio se han utilizado seis conejos de la raza Blanco Neozelandés con pesos comprendidos entre los 3,2 y los 4,5 kg procedentes de la granja de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia. Los animales estuvieron en jaulas individuales con alimento y bebida *ad libitum*. Todos los animales se encontraban en buen estado de salud, y no recibieron ningún fármaco durante al menos 15 días antes del inicio de la experiencia.

Cada animal recibió una inyección de marbofloxacino al 2 % (Marbocyl®, Vetoquinol, Francia) a dosis de 2 mg/kg. La administración subcutánea se realizó en el lomo del conejo, en la zona comprendida entre ambas escápulas. Las extracciones de sangre se realizaron de la vena marginal de la oreja a los siguientes tiempos: blanco (inmediatamente anterior a la administración), 5, 10, 15, 30, 45 minutos y 1, 1,5, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 32 y 48 horas desde la administración del fármaco. Las muestras de sangre (0,5 mL) se recogieron mediante jeringas heparinizadas. A continuación se centrifugaron durante 10 minutos a 1500 g para obtener el plasma, que posteriormente era congelado a -45° C, en los treinta minutos siguientes a la extracción.

Las concentraciones de marbofloxacino en plasma fueron determinadas mediante un método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) modificado del descrito por Siefert et al. (1999). Dichas concentraciones se han ajustado a las ecuaciones mono-, bi- y triexponenciales mediante el programa MULTIFIT, propuesto por Proost (1997), y basado en Yamaoka et al. (1981).

Una vez realizados los ajustes a los diferentes modelos farmacocinéticos, el criterio utilizado para determinar cuál era la ecuación que mejor se ajustaba a los datos observados fue el Criterio de Información de Akaike ó AIC (Yamaoka et al., 1978). Los parámetros no compartimentales se calcularon de acuerdo con la teoría de los momentos estadísticos (Gibaldi y Perrier, 1982), utilizando el programa informático WinNonlin Professional® (versión 5.2.1).

Resultados y discusión

Las concentraciones plasmáticas de marbofloxacino, tras la administración subcutánea de 2 mg/kg en conejos, se han ajustado mejor a un modelo monocompartimental.

La Figura 1 muestra la representación gráfica de las concentraciones medias experimentales (\pm SD) de marbofloxacino obtenidas tras la administración subcutánea de una dosis de 2 mg/kg. Los valores medios de los parámetros farmacocinéticos correspondientes a un ajuste monocompartimental se muestran en la Tabla 1.

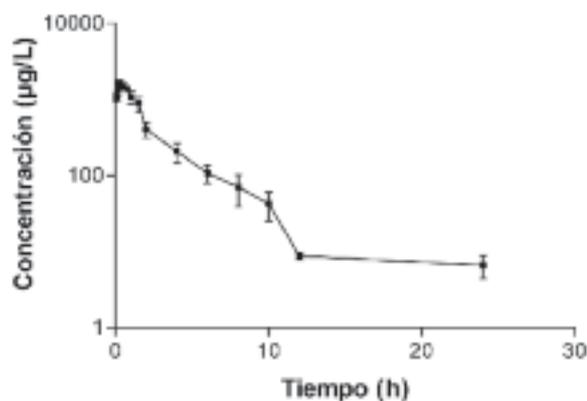


FIGURA 1. Concentraciones experimentales plasmáticas (media \pm SD) de marbofloxacino obtenidas en conejo tras la administración de una dosis de 2 mg/kg (n=6).

TABLA 1. Valores medios de los parámetros farmacocinéticos de marbofloxacin tras la administración subcutánea a dosis de 2 mg/kg en el conejo.

Parámetros	Unidades	Marbofloxacin
λ_z	h^{-1}	$0,35 \pm 0,10$
K_a	h^{-1}	$30,95 \pm 14,51$
$t_{1/2\alpha}$	h	$0,03 \pm 0,02$
$t_{1/2\beta}$	h	$1,98 \pm 0,64$
AUC	mg·h/L	$3,40 \pm 0,40$
AUMC	mg·h ² /L	$8,75 \pm 2,49$
MRT	h	$2,62 \pm 0,61$
C_{max}	mg/L	$1,65 \pm 0,18$
T_{max}	h	$0,29 \pm 0,14$

$t_{1/2\beta}$: The elimination half-life associated with the terminal slope (λ_z) of a semilogarithmic concentration-time curve. AUC: The area under the plasma concentration-time curve from zero to infinity. AUMC: area under the moment curve. MRT: Mean residence time. T_{max} : The time to reach peak or maximum plasma concentration following subcutaneous administration. k_a : Absorption rate constant (first order). $t_{1/2\alpha}$: Absorption half-life. C_{max} : The peak or maximum plasma concentration following subcutaneous administration.

La vida media de eliminación ($t_{1/2\beta}$) tras la administración subcutánea fue de $1,98 \pm 0,64$ horas, este valor fue inferior a los obtenidos en el conejo con difloxacin ($t_{1/2\beta} = 7,53$ h; Fernández-Varón et al., 2008), orbifloxacin ($t_{1/2\beta} = 5,14$ h; Marín et al., 2007) y danofloxacin ($t_{1/2\beta} = 8,20$ h; Fernández-Varón et al., 2007).

Marbofloxacin fue rápidamente absorbido, alcanzando su concentración máxima ($C_{max} = 1,65 \pm 0,18$ mg/L; Dosis: 2mg/kg) a las $0,29 \pm 0,14$ horas. Dicha concentración máxima fue superior a la obtenida con difloxacin ($C_{max} = 0,88$ mg/L; Dosis: 5 mg/kg; Fernández-Varón et al., 2008) y similar a la obtenida con danofloxacin ($C_{max} = 1,79$ mg/L; Dosis: 6 mg/kg; Fernández-Varón et al., 2007), a pesar de que la dosis administrada fue inferior. La concentración máxima es un parámetro muy importante, ya que las fluoroquinolonas son antibióticos concentración dependiente.

Los parámetros más utilizados para predecir el éxito clínico y evitar la aparición de resistencias son C_{max}/CMI y AUC/CMI, respectivamente. Estudios previos ha demostrado que ratios AUC/CMI > 100 h aseguran la eficacia clínica y bacteriológica (Turnidge, 1999) y ratios $C_{max}/CMI > 8$ evitan el desarrollo de cepas resistentes (Craig, 1998). Por tanto, si tenemos en cuenta los valores farmacocinéticos obtenidos en este estudio y los ratios C_{max}/CMI y AUC/CMI, marbofloxacin podría ser eficaz contra cepas con CMI $\leq 0,21$ y $0,03$ $\mu\text{g/ml}$, respectivamente.

Bibliografía

- Brown S.A. 1996. Fluoroquinolones in animal health. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut.*, 19:1-14.
- Craig W.A. 1998. Pharmacokinetic/pharmacodynamic parameters: rationale for antibacterial dosing of mice and men. *Clin. Infect. Dis.*, 26:1-10.
- Drlica K., Zhao X. 1997. DNA gyrase, topoisomerase IV, and the 4-quinolones. *Microbiol. Mol. Biol. Reviews*, 61:377-392.
- Elmas M., Üney K., Yazar E., Karabacak A., Tras B. 2007. Pharmacokinetics of enrofloxacin following intravenous and intramuscular administration in Angora rabbits. *Res. Vet. Sci.*, 82:242-245.
- Fernández-Varón E., Bovaira M.J., Espuny A., Escudero E., Vancraeynest D., Cárceles C.M. 2005. Pharmacokinetic-pharmacodynamic integration of moxifloxacin in rabbits after intravenous, intramuscular and oral administration. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut.*, 28:343-348.
- Fernández-Varón E., Marín P., Escudero E., Vancraeynest D., Cárceles C.M. 2007. Pharmacokinetic-pharmacodynamic integration of danofloxacin after intravenous, intramuscular and subcutaneous administration to rabbits. *J. Vet. Pharmac. Therapeut.*, 30:18-24.
- Fernández-Varón E., Cárceles C.M., Marín P., Vancraeynest D., Montes A., Sotillo J., García-Martínez JD. 2008. Disposition kinetics and pharmacokinetics-pharmacodynamic integration of difloxacin against *Staphylococcus aureus* isolates from rabbits. *Res. Vet. Sci.*, 84:90-4.
- Gibaldi M., Perrier P. 1982. Pharmacokinetics, 2nd edn. pp. 1-494. Marcel Dekker Inc., New York.
- Hannan P.C.T., Windsor G.D., Jong A., Schmeer N., Stegemann, M. 1997. Comparative susceptibilities of various animal-pathogenic mycoplasmas to fluoroquinolones. *Antimicrob. Agents Chemother*, 41:2037-2040.
- Marangos M.N., Zhu Z., Nicolau D.P., Klepser M.E., Nightingale C.H. 1997. Disposition of ofloxacin in female New Zealand White rabbits. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut.*, 20:17-20.

- Marín P., Fernández-Varón E., Escudero E., Vancraeynest, D., Cárceles C.M. 2007. Pharmacokinetic-pharmacodynamic integration of orbifloxacin in rabbits after intravenous, intramuscular and subcutaneous administration. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut*, 31:77-82.
- Siefert H.M., Kohlsdorfer C., Steinke W., Witt A. 1999. Pharmacokinetics of the 8-methoxyquinolone, moxifloxacin: tissue distribution in male rats. *J. Antimicrob. Chemother.* 43 (Suppl. B):61-67.
- Turnidge J. 1999. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of fluoroquinolones. *Drugs*, 58:29-36.
- Watts J.L., Salmon S.A., Sanchez M.S., Yancey, R.J. 1997. In vitro activity of premafloxacin, a new extended-spectrum fluoroquinolones, against pathogens of veterinary importance. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 41:1190-1192.
- Wolfson J.S., Hooper D.C. 1989. Fluoroquinolone antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Reviews*, 2:378-424.
- Yamaoka K., Nakagawa T., Uno, T. 1978. Application of Akaike's Information Criterion (AIC) in the evaluation of linear pharmacokinetic equations. *J. Pharmacokinetic. Biopharm.*, 6:165-175.
- Yamaoka K., Tamigawara Y., Uno J. 1981. A pharmacokinetic analysis program (MULTI) for microcomputers. *J. Pharmacobiol.-Dynam.*, 4:879-885.

Susceptibilidad de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas en granjas cunícolas frente a marbofloxacino y enrofloxacino

Fluoroquinolone susceptibility of Staphylococcus aureus strains isolated from commercial rabbitries

Álamo L.F.¹, Fernández-Varón E.¹, Corrales J.C.², Gómez-Martín A.², Fe C.D.², Escudero E.¹, Cárceles C.M.¹, Marín P.^{1*}

¹Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Murcia, Campus de Espinardo, 30071 Murcia, Spain

²Department of Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, University of Murcia, Campus de Espinardo, 30071 Murcia, Spain

*Dirección de contacto: pmarin@um.es

Resumen

La susceptibilidad de 17 cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de granjas de conejos con problemas de estafilocosis crónicas fue estudiada. Los antibióticos seleccionados fueron dos fluoroquinolonas desarrolladas exclusivamente para su uso en Medicina Veterinaria: marbofloxacino y enrofloxacino. La determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) se llevo a cabo mediante el sistema de microdilución en placa. Los valores de CMI₉₀ obtenidos fueron 16 y 8 mg/L para marbofloxacino y enrofloxacino., respectivamente. Estos valores indican que las cepas estudiadas son prácticamente resistentes a ambas fluoroquinolonas.

Palabras clave: Marbofloxacino, Enrofloxacino, *Staphylococcus aureus*, conejos.

Abstract

The antibiotic susceptibility of seventeen strains of *Staphylococcus aureus* isolated from commercial rabbitries with chronic problems of staphylococcosis was evaluated. The antibiotics tested were two fluoroquinolones which have been developed especially for using in Veterinary Medicine: marbofloxacin and enrofloxacin. Minimum inhibitory concentration tests were performed according to the microdilution broth method. The MIC₉₀ values obtained were 16 and 8 mg/L for marbofloxacin and enrofloxacin, respectively. These values suggest that the *S. aureus* strains isolated in this study are resistant to both fluorquinolones.

Key words: Marbofloxacin, Enrofloxacin, *Staphylococcus aureus*, rabbits.

Introducción

El estudio de la sensibilidad de los microorganismos a los antimicrobianos es una de las partes más importantes de la farmacodinámica de antibióticos. Su realización se desarrolla mediante las pruebas de sensibilidad o antibiograma, cuyo principal objetivo es evaluar en el laboratorio la respuesta de un microorganismo a uno o varios antimicrobianos, traduciendo, en una primera aproximación, su resultado como factor predictivo de la eficacia clínica. Su resultado, los aspectos clínicos del paciente y de la infección que padece, sustentan la elección de los antimicrobianos en el tratamiento de las enfermedades infecciosas. El panorama actual de las resistencias de los microorganismos a los antimicrobianos hace ineludible su determinación, incluso en aquellos casos en los que la sensibilidad se considera universal y no se han descrito, por el momento, mecanismos de resistencia.

Las fluoroquinolonas son un grupo de antibióticos sintéticos que actúan inhibiendo la ADN topoisomerasa II y IV (Wolfson y Hooper, 1989; Drlica y Zhao, 1997). Presentan una actividad bactericida amplia frente a microorganismos aerobios Gram-negativos y Gram-positivos, y micoplasmas (Hannan et al., 1997; Watts et al., 1997).

Staphylococcus aureus es uno de los patógenos más importantes en Medicina Veterinaria. En el conejo, es el

principal causante de infecciones cutáneas, pododermatitis y mastitis, con las pérdidas económicas que esto conlleva para la industria cunícola (Hermans et al., 2003).

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue estudiar la susceptibilidad de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas en granjas cunícolas frente a marbofloxacino (MAR) y enrofloxacino (ENR).

Material y métodos

Diecisiete cepas de *Staphylococcus aureus* fueron estudiadas. Todas las cepas fueron aisladas de granjas cunícolas de Murcia con problemas crónicos de estafilocosis.

La determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) se llevó a cabo mediante el sistema de microdilución en placa recomendado por CLSI (2009). Las placas utilizadas fueron placas microtiter con fondo en U, de 96 pocillos cada una, y las concentraciones estudiadas para MAR y ENR fueron: 0,03, 0,06, 0,12, 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128 mg/L. El inóculo final fue de 5×10^4 CFU/pocillo, que fue obtenido realizando una dilución 1:40 con suero salino fisiológico estéril de un cultivo en caldo Muelle-Hilton con una turbidez 0.5 en la escala McFarland. Posteriormente el inóculo era recogido con una repetidora y se depositaba en cada pocillo. Las placas se incubaron a 38 °C durante 20-24 horas. La CMI fue definida como la concentración de antibiótico más baja que inhibió completamente el crecimiento bacteriano.

Las cepas de referencia utilizadas fueron *Staphylococcus aureus* ATCC 29130 y *Escherichia coli* ATCC 25922.

Resultados y discusión

Los datos disponibles en la literatura sobre la susceptibilidad de cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas de conejos frente a fluroquinolonas son escasos (Fernández-Varón et al., 2005, 2007, 2008; Marín et al., 2007). Las MIC obtenidas para los antibióticos seleccionados se muestran en la Tabla 1, así como la concentración mínima inhibitoria que inhibe el 50 y 90 % de las cepas estudiadas (MIC₅₀ y MIC₉₀, respectivamente).

TABLA 1. Concentraciones mínimas inhibitorias de marbofloxacino (MAR) y enrofloxacino (ENR) frente a cepas de *Staphylococcus aureus* (n=17) aisladas de conejos, así como los valores de MIC₅₀ y MIC₉₀

Especies	Antibiótico	Número de cepas con CMI (mg/L)										MIC ₅₀	MIC ₉₀	
		<0,03	0,06	0,12	0,25	0,5	1	2	4	8	16			
<i>S. aureus</i>	MAR						5					12	16	16
<i>S. aureus</i>	ENR						4	1			9	3	8	16
<i>E. coli</i>	ENRMAR													
ATCC 25922														
<i>S. aureus</i>	ENRMAR													
ATCC 29213														

Teniendo en cuenta los índices de susceptibilidad, una cepa se considera resistente cuando la CMI ≥ 4 mg/L para marbofloxacino y enrofloxacino (CLSI, 2008). De las 17 cepas estudiadas, solo el 29 % de estas fueron sensibles a ambos antibióticos, siendo el 71 % de las cepas restantes resistentes.

Estos valores de CMI son muy superiores a los obtenidos por otros autores con cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas en conejo para difloxacino (MIC₅₀ = 0,25 mg/L y MIC₉₀ = 0,5 mg/L, Fernández-Varón et al., 2008), moxifloxacinico (MIC₅₀ = 0,06 mg/L y MIC₉₀ = 0,12 mg/L, Fernández-Varón et al., 2005), danofloxacinico (MIC₅₀ = 0,5 mg/L y MIC₉₀ = 4 mg/L, Fernández-Varón et al., 2007) y orbifloxacinico (MIC₅₀ = 0,5 mg/L y MIC₉₀ = 2 mg/L, Marín et al., 2007).

La alta resistencia de las cepas estudiadas puede deberse a que provenían de granjas con problemas de estafilocosis crónicas, donde las cepas han sido sometidas a numerosos tratamientos con antibióticos sin obtener éxito clínico. Así, la resistencia a las quinolonas es altamente indeseable dado que estos antimicrobianos son altamente eficaces para el tratamiento de algunas enfermedades graves producidas por bacterias multiresistentes en humanos.

Bibliografía

- Clinical and Laboratory Standards Institute. 2008. *Development of in vitro susceptibility testing criteria and quality control parameters for veterinary antimicrobial agents; approved guideline, third ed.* NCCLS document M37–A3. Clinical and Laboratory Standards Institute, Pennsylvania, USA.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. 2009. *Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically; approved standard, eighth ed.* NCCLS document M07–A8. Clinical and Laboratory Standards Institute, Pennsylvania, USA.
- Drlica K., Zhao X. 1997. DNA gyrase, topoisomerase IV, and the 4-quinolones. *Microbiol. Mol. Biol. Reviews*, 61:377-392.
- Fernández-Varón E., Bovaira M.J., Espuny A., Escudero E., Vancraeynest D., Cárceles C.M. 2005. Pharmacokinetic-pharmacodynamic integration of moxifloxacin in rabbits after intravenous, intramuscular and oral administration. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut.*, 28:343-348.
- Fernández-Varón E., Marín P., Escudero E., Vancraeynest D., Cárceles C.M. 2007. Pharmacokinetic-pharmacodynamic integration of danofloxacin after intravenous, intramuscular and subcutaneous administration to rabbits. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut.*, 30:18-24.
- Fernández-Varón E., Cárceles C.M., Marín P., Vancraeynest D., Montes A., Sotillo J., García-Martínez JD. 2008. Disposition kinetics and pharmacokinetics-pharmacodynamic integration of difloxacin against *Staphylococcus aureus* isolates from rabbits. *Res. Vet. Sci.*, 84:90-4.
- Hannan P.C.T., Windsor G.D., Jong A., Schmeer N., Stegemann M. 1997. Comparative susceptibilities of various animal-pathogenic mycoplasmas to fluoroquinolones. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 41:2037-2040.
- Hermans K., Devriese L.A., Haesebrouck, F. 2003. Rabbit staphylococcosis: difficult solutions for serious problems. *Vet. Microbiol.*, 91(1):57-64.
- Marín P., Fernández-Varón E., Escudero E., Vancraeynest D., Cárceles C.M. 2007. Pharmacokinetic-pharmacodynamic integration of orbifloxacin in rabbits after intravenous, intramuscular and subcutaneous administration. *J. Vet. Pharmacol. Therapeut.*, 31:77-82.
- Watts J.L., Salmon S.A., Sanchez M.S., Yancey R.J. 1997. In vitro activity of premafloxacin, a new extended-spectrum fluoroquinolones, against pathogens of veterinary importance. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 41:1190-1192.
- Wolfson J.S., Hooper D.C. 1989. Fluoroquinolone antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Reviews*, 2:378-424.

Comparación farmacocinética de tres fluoroquinolonas en el conejo tras su administración intramuscular

Pharmacokinetics of three fluoroquinolones in rabbits after intramuscular administration

Marín P., Álamo L.F., Escudero E., Cárceles C.M., Espuny A., Fernández-Varón E.

Department of Pharmacology, Faculty of Veterinary Medicine, University of Murcia, Campus de Espinardo, 30071 Murcia, Spain

Dirección de contacto: pmarin@um.es

Resumen

La farmacocinética de danofloxacin, moxifloxacin y orbifloxacin fue estudiada en conejos sanos (n=18) tras la administración intramuscular de una dosis de 6, 5 y 5 mg/kg, respectivamente. Las concentraciones de cada antibiótico fueron determinadas mediante cromatografía de alta resolución (HPLC) con detector de fluorescencia, y analizadas mediante métodos compartimentales y no compartimentales. Las vidas medias de moxifloxacin y orbifloxacin son similares pero más breves que la obtenida tras la administración intramuscular de danofloxacin. Por otro lado la biodisponibilidad obtenida para estos antibióticos tras su administración intramuscular ha sido elevada en los tres casos, siendo cercana al 100 %. Las tres fluoroquinolonas mostraron un perfil farmacocinético favorable en el conejo.

Palabras clave: Danofloxacin, Moxifloxacin, Orbifloxacin, Fluoroquinolonas, Farmacocinética, conejos.

Abstract

Pharmacokinetics of danofloxacin, moxifloxacin and orbifloxacin were studied in healthy rabbits (n=18) after intramuscular administration of single doses of 6, 5 and 5 mg/kg, respectively. Plasma concentrations were determined by HPLC with fluorescence detection and were analyzed by pharmacokinetic compartmental and non compartmental methods. Half-lives of moxifloxacin and orbifloxacin were similar and shorter than that of danofloxacin. However, bioavailabilities of these antibiotics after intramuscular administration were similar and high, with values approximately of 100 %. The three fluoroquinolones showed a favorable pharmacokinetic profile in rabbits.

Key words: Danofloxacin; Moxifloxacin; Orbifloxacin; Fluoroquinolones; Pharmacokinetics; Rabbits.

Introducción

Las fluoroquinolonas son un grupo de antibacterianos sintéticos que despiertan alto interés en medicina veterinaria (Ihrke et al., 1999). Comparados con otros agentes antimicrobianos, las fluoroquinolonas presentan, un amplio espectro frente a gérmenes Gram positivos y negativos e incluso bacterias intracelulares, una buena absorción tras su administración extravascular, un alto volumen de distribución, penetrando en casi todos los tejidos y células del organismo y un tiempo de vida medio prolongado, permitiendo regímenes de administración de 1-2 veces al día (Walker, 2000).

A las dosis apropiadas, las fluoroquinolonas son bactericidas, presentando un patrón concentración dependiente y un prolongado efecto postantibiótico (Walker, 2000). El conocimiento y monitorización de estos antimicrobianos, especialmente sus características farmacocinéticas y farmacodinámicas frente a patógenos determinados, permite optimizar el régimen de dosificación, para evitar la aparición de mutantes resistentes y conseguir el éxito clínico (Aminmanizani et al., 2001). Además, en el conejo, las fluoroquinolonas son fármacos de eficacia probada, siendo activos en infecciones causadas por *Pasteurella* spp. (multocida), *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* spp. (aeruginosa), *Bordetella bronchiseptica*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes* (Burgmann, 2000).

La farmacocinética de antibióticos difiere dependiendo de la especie animal, la ruta de administración así como del vehículo utilizado en la preparación farmacéutica. Por ello la extrapolación de dosis desde otras especies puede llevar a riesgos de toxicidad o de subeficacia del tratamiento con el consiguiente riesgo de aparición de resistencias y pérdidas económicas, si no se tienen en cuenta las particularidades farmacocinéticas de la especie a tratar.

Por todo ello, el objetivo de esta investigación es el estudio de las características farmacocinéticas de tres quinolonas, danofloxacino, orbifloxacino y moxifloxacino, tras su administración intramuscular en conejo por ser antibióticos potencialmente útiles para el tratamiento de procesos infecciosos en esta especie.

Material y métodos

Para la realización del presente estudio se han utilizado dieciocho conejos de la raza Blanco Neozelandés con pesos comprendidos entre los 3,0 y los 4,3 kg procedentes de la granja de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Murcia. Los animales estuvieron en jaulas individuales con alimento y bebida *ad libitum*. Todos los animales se encontraban en buen estado de salud, y no recibieron ningún fármaco durante al menos 15 días antes del inicio de la experiencia.

Los conejos se agruparon de forma aleatoria en lotes de 6 animales cada uno, recibiendo cada lote un tratamiento distinto por vía intramuscular. Al lote A se le administró danofloxacino (Advocin 180®, Pfizer, S.A., Madrid, España) a la dosis de 6 mg/kg de peso vivo, al lote B y C se le administraron 5 mg/kg p.v. de orbifloxacino (Victas®, Dainippon Sumitomo, Japón) y moxifloxacino (Bayer A.G., Wupertal, Alemania), respectivamente.

La administración intramuscular se realizó en el músculo semimembranoso y las extracciones de sangre se realizaron de la vena marginal de la oreja a los siguientes tiempos: blanco (inmediatamente anterior a la administración), 5, 10, 15, 30, 45 minutos y 1, 1,5, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 32 y 48 horas desde la administración del fármaco. Las muestras de sangre (0.5 mL) se recogieron mediante jeringas heparinizadas. Posteriormente tras trasvasarlas a tubos eppendorf, se centrifugaron durante 10 minutos a 3000 rpm para separar el plasma, el cuál fue congelado a -

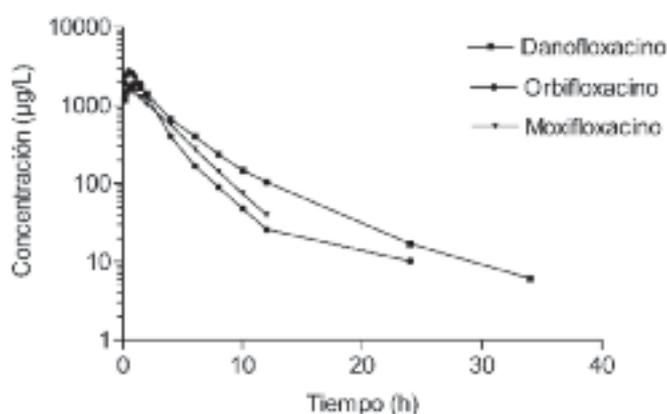


FIGURA 1. Representación semilogarítmica de la evolución de las concentraciones plasmáticas de danofloxacino (6 mg/kg), orbifloxacino (5 mg/kg) y moxifloxacino (5 mg/kg) a lo largo del tiempo tras su administración por vía intramuscular en conejos.

TABLA 1. Parámetros farmacocinéticos (media \pm SD) de danofloxacino, moxifloxacino y orbifloxacino tras su administración intramuscular.

Parámetros	Unidades	Danofloxacino	Moxifloxacino	Orbifloxacino
Dosis	mg/kg	6	5	5
K_d	h^{-1}	$4,18 \pm 0,72$	$6,51 \pm 1,37$	$3,85 \pm 1,67$
$t_{1/2\alpha}$	h	0,17	$0,11 \pm 0,02$	0,18
λ_{-z}	h^{-1}	$0,10 \pm 0,02$	$0,33 \pm 0,01$	$0,27 \pm 0,08$
$t_{1/2\beta}$	h	$6,70 \pm 0,10$	$2,09 \pm 0,05$	$2,54 \pm 0,06$
AUC	mg-h/L	$8,19 \pm 1,15$	$5,84 \pm 0,26$	$6,75 \pm 1,47$
AUMC	$mg-h^2/L$	$41,14 \pm 7,07$	$18,69 \pm 1,29$	$16,19 \pm 6,27$
MRT	h	$5,01 \pm 0,33$	$3,20 \pm 0,08$	$2,36 \pm 0,39$
MAI	h	$0,87 \pm 0,58$	$0,76 \pm 0,19$	$0,48 \pm 0,46$
C_{max}	mg/L	$1,87 \pm 0,18$	$1,64 \pm 0,05$	$3,24 \pm 1,33$
T_{max}	h	$0,67 \pm 0,08$	$0,50 \pm 0,05$	$0,65 \pm 0,12$
F(%)	-	$102,34 \pm 5,1$	$92,96 \pm 5,66$	$109,8 \pm 8,36$

45° C, en los treinta minutos siguientes a la extracción.

Las concentraciones de danofloxacin, orbifloxacin y moxifloxacin en plasma se determinaron mediante un método de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), modificado del descrito por Siefert et al. (1999). Los datos de concentración plasmática-tiempo fueron ajustados a las ecuaciones mono-, bi- y triexponenciales mediante el programa MULTIFIT, propuesto por Proost (1997), y basado en Yamaoka et al. (1981).

Una vez realizados los ajustes a los diferentes modelos farmacocinéticos compartimentales, el criterio utilizado para determinar la mejor opción fue el Criterio de Información de Akaike ó AIC (Yamaoka et al., 1978). Los parámetros no compartimentales se calcularon de acuerdo con la teoría de los momentos estadísticos (Gibaldi y Perrier, 1982), utilizando el programa informático WinNonlin Professional® (versión 5.2.1).

Resultados y discusión

En la Figura 1 se representan gráficamente las concentraciones plasmáticas de danofloxacin, orbifloxacin y moxifloxacin alcanzadas a lo largo del tiempo, en ella se puede observar que la permanencia en el organismo de danofloxacin es superior a moxifloxacin y orbifloxacin, pues se detecta hasta las 36 h. En la Tabla 1 se recogen los parámetros más importantes derivados del análisis farmacocinético compartimental y no compartimental.

Las vidas medias de moxifloxacin y orbifloxacin son similares pero significativamente más breves que la obtenida tras la administración intramuscular de danofloxacin. Vidas medias similares a las de moxifloxacin y orbifloxacin han sido descritas en la misma especie para enrofloxacin (2,10 h, Cabanes et al., 1992) y difloxacin (3,82 h; Abd El- Aty et al., 2005).

Al ser la actividad bactericida de las fluoroquinolonas concentración-dependiente, los parámetros farmacocinéticos fundamentales a valorar son la concentración plasmática máxima (C_{max}) y el área bajo la curva de concentración plasmática-tiempo (AUC). Una buena eficacia clínica se correlaciona con valores de AUC/CMI y C_{max} /CMI elevados, en particular índices superiores a 10 en el último caso, se han asociado a una alta eficacia además de disminuir la probabilidad de aparición de resistencias, particularmente en microorganismos Gram negativos (Lode et al., 1998). De los tres casos estudiados, el antibiótico que presenta un valor de C_{max} significativamente superior es orbifloxacin, sin embargo, es danofloxacin el que presenta un mayor valor de AUC.

Por otro lado la biodisponibilidad obtenida para estos antibióticos tras su administración intramuscular ha sido elevada en los tres casos, siendo cercana al 100%, y similar a la descrita para otros antibióticos del grupo (Cabanes et al., 1992; Abd El-Aty et al., 2005).

Bibliografía

- Abd El-Aty, A. M., Goudah, A., Ismail, M., Shimoda, M. 2005. Disposition kinetics of difloxacin in rabbits after intravenous and intramuscular injection of dicural. *Vet. Res. Communic.*, 29:297-304
- Aminimanizani A., Beringer P., Jelliffe, R. 2001. Comparative pharmacokinetics and pharmacodynamics of the newer fluoroquinolone antibacterials. *Clin. Pharmacokinet.*, 40:169-187.
- Burgmann P. 2000. Antimicrobial Drug Use in Rodents, Rabbits, and Ferrets. En: *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*. 3ª ed. Ed: Prescott JF, Baggot JD y Walker RD, Blackwell Scientific Publications. Iowa. Pp.: 674-675.
- Cabanes A., Arboix M., Garcia-Antón J.M., Reig F. 1992. Pharmacokinetics of enrofloxacin after intravenous and intramuscular injection in rabbits. *Amer. J. Vet. Res.*, 53:2090-2093.
- Gibaldi M., Perrier P. 1982. *Pharmacokinetics* 2nd ed. Marcel Dekker. New York.
- Ihrke P.J., Papich M.G., Demannuelle T.C. 1999. The use of fluoroquinolonas in veterinary dermatology. *Vet. Dermatol.*, 10:193-204.
- Lode H., Borner K., Koeppe, P. 1998. Pharmacodynamics of fluoroquinolonas. *Clin. Infect. Dis.*, 27:33-39.
- Siefert H.M., Kohlsdorfer C., Steinke W., Witt A. 1999. Pharmacokinetics of the 8-methoxyquinolone, moxifloxacin: tissue distribution in male rats. *J. Antimicrob. Chemother.*, 43:61-67.
- Walker R.D. 2000. Fluoroquinolones. En: *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*. 3rd edn. Eds: Prescott J.F. & Baggot, J.D. Iowa State University Press, Ames. IA. Pp: 315-338.
- Yamaoka K., Nakagawa T., Uno J. 1978. Application of Akaike's Information Criterion (AIC) in the evaluation of linear pharmacokinetics. *J. Pharmacokinet. Biopharmac.*, 6:165-175.
- Yamaoka K., Tamigawara Y., Uno J. 1981. A pharmacokinetic analysis program (MULTI) for microcomputers. *J. Pharmacobiol. Dynam.*, 4:879-885.



Desarrollo de una vacuna de subunidad contra el virus de la enfermedad hemorrágica del conejo. Primeras evidencias de seguridad y eficacia

Development of a subunit vaccine against rabbit hemorrhagic disease virus

García M.^{1*}, Rodríguez A.², Suárez M.², González N.⁶, Vargas M.², Santana E.², Pérez C.⁴, Limonta M.³, Valdés J.³, Montero C.², Ancizar J.A.¹⁰, Puentes P.¹⁰, Fuentes Y.², Sayas G.²; Estrada M.P.², Farnós O.², Sánchez K.⁴, González E.M.², Mena J.⁵, Capucci L.⁹, Parra F.⁸, Borroto C.², Rodríguez D.⁷, Baryolo L.¹¹, Vázquez A.¹¹, Morell G.¹¹

¹ Grupo de Negociación y Desarrollo de Proyectos, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ave. 31, e/158 y 190, CP 10600 Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba

² Dirección de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ave. 31, e/158 y 190, CP 10600 Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba

³ Dirección de Desarrollo Tecnológico, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ave. 31, e/158 y 190, CP 10600 Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba.

⁴ División de Formulación y Envases, Dirección de Producción, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ave. 31, e/158 y 190, CP 10600 Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba

⁵ Dirección de Ensayos Clínicos y Asuntos Regulatorios, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ave. 31, e/158 y 190, CP 10600 Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba

⁶ Dirección de Desarrollo Tecnológico, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Circunvalación Norte y Ave. Finlay, CP 70100, Camagüey, Cuba

⁷ Centro Nacional de Epizootiología, Diagnóstico e Investigación, Ave. 51 No. 33212, Habana, Cuba

⁸ Laboratorio de Biotecnología, Universidad de Oviedo, Oviedo, España

⁹ Reparto Genomica, Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna, Via Bianchi 9, 25124 Brescia, Italia.

¹⁰ Unidad de Bioterio, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología, Ave. 31, e/ 158 y 190, CP 10600 Cubanacán, Playa, La Habana, Cuba.

¹¹ Universidad de Camagüey, Camagüey, Cuba

*Dirección de contacto: mariela.garcia@cigb.edu.cu

Resumen

La búsqueda de nuevas alternativas de vacunas más seguras contra la Enfermedad Hemorrágica del Conejo sigue siendo un objetivo de diferentes grupos experimentales de todo el mundo. Las actualmente comercializadas están basadas en la inactivación de hígados de conejos previamente infectados con el virus campo y aunque aceptablemente efectivas, se mantiene el cuestionamiento ético y de seguridad. A partir de la obtención por biotecnología de la proteína VP60 del virus de la Enfermedad Hemorrágica del Conejo, y el desarrollo de su purificación y formulación, se produjeron los primeros lotes piloto, los que se evaluaron por seguridad en gazapos y demostraron eficacia en inducir anticuerpos protectores contra la enfermedad.

Palabras clave: VEHC, vacuna de subunidad, VLP, inmunidad a largo plazo.

Abstract

The search for new alternatives of safer vaccines against Rabbit Hemorrhagic Disease remains a goal of different experimental groups around the world. The currently marketed vaccines are based on the inactivation of liver of previously infected rabbits with virulent virus and although quite effective, there remains the ethics and safety questioning. Having obtained the VP60 protein of the virus of rabbit haemorrhagic disease and the development of purification and formulation processes, there were produced the first pilot batches, which were evaluated for safety in rabbits and demonstrated efficacy in inducing protective antibodies disease.

Key words: RHDV, subunit vaccine, VLP, long lasting immunity.

Introducción

El virus de la fiebre hemorrágica del conejo (VEHC), miembro de la familia Caliciviridae (Ohlinger et al., 1990; Parra y Prieto, 1990), es un importante patógeno que causa una enfermedad altamente contagiosa en conejos silvestres y domésticos (Liu et al., 1984). En conejos adultos se caracteriza por una alta morbilidad y una alta mortalidad (40–90%), y se propaga de manera muy rápida mediante transmisión directa e indirecta. La infección puede producirse por vía nasal, conjuntival u oral. Detectado por primera vez en China en el año 1984, actualmente es endémico en toda Europa y en el este asiático (Cooke, 2002). En el continente americano se han descrito brotes

de magnitud variada en México, Estados Unidos, Cuba y Uruguay (Gregg et al., 1991; Toledo et al., 1995; Neilan et al., 2000; Campagnolo et al., 2003), siendo Cuba el país más afectado, con la ocurrencia de cinco epizootias, en los años 1993, 1997, 2000-2001, 2004-2005 y 2010 (<http://www.oie.int>). Por tanto, contar con una vacuna cubana eficaz y segura continúa siendo de primera prioridad.

Las vacunas comercializadas actualmente consisten en formulaciones a partir de macerados de órganos de conejos libres de patógenos, infectados con el virus (Argüello-Villares, 1991), con el consecuente riesgo de posible introducción de microorganismos patógenos exóticos, además de cuestionamientos de tipo éticos. Por su parte, el empleo de levaduras convencionales, células de insecto o plantas para la expresión de la proteína VP60, responsable de inducir la respuesta inmune contra este virus, ha producido bajos niveles de expresión (Laurent et al., 1994)

En el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de La Habana, Cuba, a partir del gen codificante para la proteína VP60 (considerada la más inmunogénica), del aislamiento español AST/89, se logró realizar el clonaje y expresión recombinante, en la levadura metilotrófica *Pichia pastoris*, de una VLP donde está contenida esta proteína, su caracterización físico química y la evaluación de su capacidad de resistir un reto con el virus (Farnós et al., 2009). El desarrollo de un proceso de fermentación, purificación y formulación a escala de laboratorio (Farnós et al., 2010) y posteriormente, piloto, permitió contar con lotes experimentales, para evaluar su seguridad y la inducción de anticuerpos protectores contra el VEHC. En este trabajo pretendemos ofrecer detalles del proceso de desarrollo de la formulación de tres lotes experimentales de este candidato vacunal, la eficacia demostrada en esquemas de inmunización y los resultados de seguridad, evaluados en gazapos.

Material y métodos

A partir del escalado del proceso de purificación, por exclusión molecular, de tres lotes, se procedió a la formulación del Ingrediente Farmacéutico Activo obtenido de cada uno y posteriormente de su producto final (1001: 9140, 1002: 7860 y 1003: 8100 viales). Éstos fueron caracterizados por: características organolépticas, tamaño de partícula, esterilidad, estabilidad mecánica, estabilidad térmica, viscosidad y seguridad general.

La potencia del lote 3 fue testada a los tres meses de producido, Para ello, se inmunizaron 23 Conejos Nueva Zelanda, de ambos sexos, de 8 semanas de edad, con masas corporales superiores a los 1,2 kg. Los animales fueron distribuidos aleatoriamente en 5 grupos: 1) Inmunización por vía subcutánea con el formulado del lote 1003, dosis de 50 µg, en 1mL; 2) Igual, pero con una dosis de 25 µg; 3) 50 µg del mismo lote, pero en un volumen de 0,5 mL; 4) 25 µg, en un volumen de 0,5 mL; 5) Grupo Placebo (PBS + Montanide VG). Los animales de los grupos 1-4 se inmunizaron los días 0 y 21. A todos los grupos se les extrajo sangre a los días 0, 21, 40 y 60, para evaluar la inducción de anticuerpos anti-EHC. Se determinó si en los conejos se obtenían títulos de inhibición de hemaglutinación (IHA) mayores o iguales a 1/80, considerados protectores. Un ELISA de tipo competitivo determinó el por ciento de inhibición de hemaglutinación en las muestras, en cada uno de los tiempos, para garantizar mayor especificidad. Fue utilizado el anticuerpo monoclonal 1H8, obtenido del laboratorio de referencia de la OIE para la enfermedad (Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia Romagna, Italia), que reconoce la estructura conformacional de la proteína.

El ensayo de potencia fue repetido para los tres lotes al cabo de 6 meses de almacenamiento a 4°C. Se inmunizaron 18 Conejos Nueva Zelanda, de ambos sexos, de 8 semanas de edad, con masas corporales superiores a los 1,2 kg. Los animales se distribuyeron en 5 grupos: tres grupos de 4 animales, para los 1001, 1002 y 1003 (dosis de 50 µg de la proteína, en 1 mL) y dos grupos de 3 animales (placebo y control positivo). Todos los grupos fueron inmunizados a los días 0 y 21; el grupo control positivo fue inmunizado con Cunipravac, 1 dosis, al día 0. Se les extrajo sangre a los días: 0, 14, 21, 40 y 60 para evaluar los títulos de inhibición de hemaglutinación.

Posteriormente, un estudio de seguridad (Fase I) en la especie diana, en gazapos, evaluó la seguridad de la administración de sobredosis y dosis repetida. Se utilizaron 30 conejos hembras clínicamente sanos, F1, cruce de Nueva Zelanda Blanco x Semigigante, recién destetados, de 45 días de edad, con un peso promedio de 0,8-0,9kg, suministrados por el Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorios (CENPALAB), con sus certificados de salud. Estos conejos no habían recibido ningún tratamiento previo. Los animales fueron identificados por medio de un tatuador, con números para cada tratamiento en estudio. Los animales se mantuvieron durante todo el experimento en jaulas convencionales, con capacidad suficiente para la manutención de 5 animales y su tranquilidad ambiental; las mismas se encontraban identificadas con una tablilla por grupo de ensayo. En el estudio se utilizó el lote 1003, descrito anteriormente.

Los animales fueron separados por tratamientos en 4 grupos. 1): 10 animales, tratados con candidato vacunal por subunidad contra EHC (proteína VP60 como antígeno, en formulación oleosa con Montanide 888, a una concentración de 50 µg/ml), en esquema monofásico; 2): 10 animales, tratados con Placebo (Formulación oleosa con Montanide 888, sin el producto activo); 3): 5 animales –Controles (no tratados); 4): 5 animales, tratados en inmunización bifásica con el candidato vacunal por subunidad contra EHC, en esquema bifásico de 0-21 días. Se aplicó 100 µg del inmunógeno en 2ml, distribuido en dos puntos en la parte anterior de la espalda del animal, por vía subcutánea. Los animales se pesaron de forma individual al inicio y final del experimento para determinar el incremento de la masa muscular. Diariamente se midió la temperatura de los animales. En el 100% de los conejos se utilizó el método de rutina de observación de posibles lesiones macroscópicas en el punto de inoculación y en la piel. A los 21 días de vacunados, se sacrificaron y se realizó análisis macroscópico de los pulmones, bazo, timo, hígado y ganglios. Se tomaron muestras de estos órganos, para efectuar análisis histopatológico, se realizó inclusión y cortes en parafina, coloreados con hematoxilina y eosina. El procesamiento estadístico se realizó con el programa “GraphPad Prism v4.0”

Resultados y discusión

Todas las características evaluadas para cada uno de los lotes se encuentran dentro de los parámetros permisibles (Tabla 1).

TABLA 1. Caracterización de los lotes 1001, 1002 y 1003.

	Caract. Organ.	Tamaño part.	Esteril.	Est. Mec.	Viscos.	Pseud.	Seg. Gen.
Lote 1001	Cumple	100 % ≤ 5 µm	Cumple	0.97	1062.07	0.736	Cumple
Lote 1002	Cumple	100 % ≤ 5 µm	Cumple	0.97	1328.55	0.705	Cumple
Lote 1003	Cumple	100 % ≤ 5 µm	Cumple	0.97	1419.87	0.700	Cumple

El ensayo de potencia del lote 1003, a los tres meses de producido, arrojó que a los 40 días post-inmunización se observa, en los grupos de dosis evaluados, el desarrollo de títulos de inhibición de hemaglutinación protectores (Tabla 2), siendo más homogénea la respuesta en los grupos 1 y 2 (50 µg/ml y 25 µg/ml, bifásica) respectivamente; aunque estudios de dosis posteriores se requerirán para elegir el esquema de inmunización óptimo.

La Figura 1 muestra los títulos de anticuerpos capaces de competir por unión al virus, arrojados por el ELISA de competición, alcanzándose más de un 80% en todos los esquemas de inmunización con el lote 1003.

La actividad biológica de todos los lotes fue evaluada a los 6 meses de almacenamiento a 4°C, observándose una respuesta inmune sostenida, a los 40 días pos-inoculación, en los tres grupos en estudio, como se muestra en la Tabla 3.

TABLA 2. Títulos de inhibición de la hemaglutinación para diferentes dosis del lote 1003 (Grupos 1-4) y grupo placebo, a los tres meses de producido. El * significa valores de respuesta negativos.

Días	Títulos de Inhibición de Hemaglutinación contra "RHDV"				
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
	Lote 3 (50 mg/ml, 2 Dosis, vía s.c.)	Lote 3 (25 mg/ml 2 Dosis, vía s.c.)	Lote 3 (50 mg/0,5 ml 2 Dosis, vía s.c.)	Lote 3 (25 mg/0,5 ml 2 Dosis, vía s.c.)	Placebo
0	A4-1/32*	A6-1/16*	A11-1/16*	A20-1/32*	A21- 1/16* A23- 1/16
40	A1-1/128 A2-1/128 A3-1/256 A4 >1/64 A5-1/128	A6-1/64* A7-1/512 A8-1/8* A9-1/128 A10 >1/256	A11-1/64* A12-1/512 A13-1/64* A14-1/128 A15 >1/64	A16-1/256 A17-1/32* A18 >1/64 A19 >1/64 A20 >1/128	A21- 1/2* A22-1/16* A23- 1/16*
60	A1-1/128 A2-1/128 A4 >1/64 A5-1/128		A13-1/128		

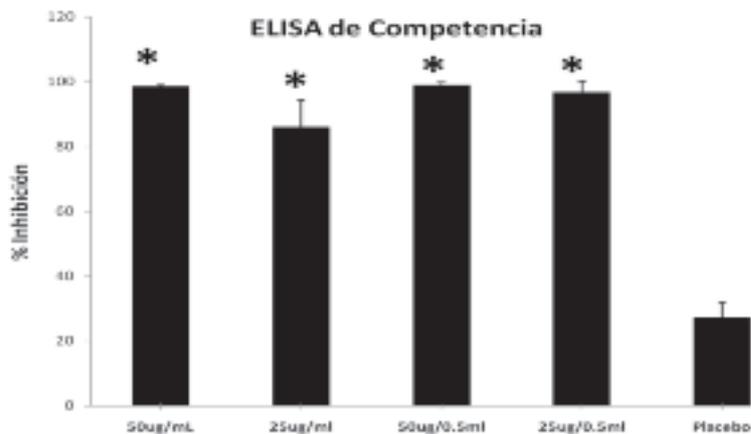


FIGURA 1. Resultados del ELISA de competencia. Lote 1003. Tres meses.

TABLA 3. Títulos de inhibición de hemaglutinación de los lotes 1001, 1002, 1003, en esquema bifásico de inmunización, dosis de 50 µg/mL, 6 meses de almacenamiento a 4°C. El * significa valores de respuesta negativos.

Títulos de Inhibición de Hemaglutinación contra "RHDV"					
Días	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
	Lote 1 (50 mg/mL, 2 Dosis, vía s.c.)	Lote 2 (50 mg/mL, 2 Dosis, vía s.c.)	Lote 3 (50 mg/mL, 2 Dosis, vía s.c.)	Placebo	Cunipravax (0,5 mL, 1 Dosis, vía s.c.)
0	A4 -1/32	A6-1/32	A9-1/32		Pool- 1/4
40	A1-1/128 A2-1/64* A3-1/256 A4 - 1/512	A5-1/128 A6-1/256 A7-1/256 A8-1/1024	A9-1/256 A10-1/64* A11-1/512 A12-1/256	A13-1/64* A14-1/32*	A16- 1/1024 A17-1/128 A18- 1/128

Las Pruebas de toxicidad de dosis repetida se realizan para definir (1) los efectos basados en las exposiciones repetidas o acumulativas del compuesto o sus metabolitos, (2) la incidencia y la gravedad del efecto en relación con la dosis y la duración de la exposición y (3) respuestas tóxicas y biológicas asociadas a dosis. Las vacunas suelen originar ciertos efectos colaterales leves: reacción local, fiebre y síntomas generales que son parte de la respuesta inmunitaria normal. Para que una vacuna se considere satisfactoria, a través de la prueba de seguridad, los animales vacunados no pueden presentar reacciones desfavorables (sistémicas o locales) atribuibles al producto como: incremento diario de la temperatura durante el periodo de observación, alteraciones en el incremento de la masa muscular, etc.

El comportamiento clínico de los animales del experimento fue estable. No se presentó aumento de la frecuencia respiratoria, no se produjo mortalidad en ningún grupo en estudio, debido a una reacción producida por el medicamento inoculado; los animales se mantuvieron con buen estado anímico, no hubo falta de apetito, caída del pelo, postración, ni piloerección. Los grupos inmunizados no desarrollaron hipertermia post-vacunación en la semana de realizada la inmunización, tiempo en el cual algunas vacunas registran aumento de la temperatura corporal, fundamentalmente las atenuadas (Van-Bekkom, 1977). No se encontró diferencia significativa entre los grupos vacunados y el grupo control (Figura 2).

Los valores de temperatura promedio se encuentran entre los parámetros normales para la especie, cuyo valor fisiológico, para el desarrollo normal de todas sus actividades y procesos vitales, es de 38,3 -39,5°C (Villagrà y col., 2004).

Durante el periodo de evaluación, tras la inoculación de los preparados vacunales, los animales desarrollaron un aumento de la masa muscular en todos los grupos en experimentación, no presentando diferencias significativas

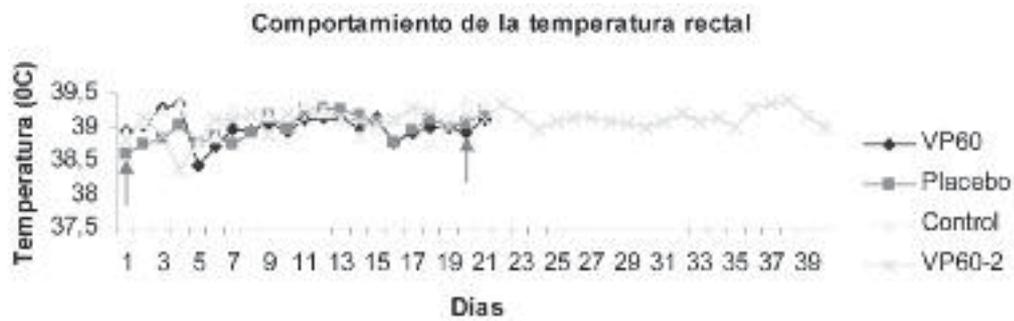


FIGURA 2. Comportamiento diario de la temperatura rectal por grupos de experimentación. Las líneas determinan el rango de temperatura fisiológica para la especie. Las flechas indican el momento de la inoculación de los grupos.

TABLA 4. Valores promedio del peso de los animales durante el experimento y sus desviaciones estándar

Media aritmética del peso en kg [intervalo de confianza del 95%]			
Grupos	Peso Inicial	Peso Final	Incremento
Candidato Vacunal	0,84±0,069 _a	1,14±0,07 _a	0,30±0,11 _a
Placebo	0,80±0,011 _a	1,06±0,16 _a	0,26±0,12 _a
Control	0,88±0,042 _a	1,17±0,08 _a	0,28±0,07 _a
Candidato Vacunal-bifásica	0,96±0,016 _b	1,25±0,06 _a	0,28±0,06 _a

Las letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas para $P < 0,05$, de acuerdo a la prueba de Turkey

entre ellos. Este comportamiento evidencia que ni el producto ni el adyuvante utilizado producen ningún efecto en el incremento del peso en los animales (Tabla 4).

Sólo en el 26% de los animales (pertenecientes al grupo I y IV) se observó un proceso inflamatorio en el sitio de la vacunación. El grupo placebo no presentó ninguna reacción a la palpación, lo que sugiere que este tipo de reacción inflamatoria está involucrada con una respuesta contra el antígeno vacunal y no contra el adyuvante y está más relacionada con las individualidades de los animales, al entrar en contacto con un inmunógeno. Esta inflamación es normal al aplicar una vacuna en el tejido celular subcutáneo, al ser ésta un área poco vascularizada y la velocidad de absorción ser más lenta, la que debe desaparecer a los 15 días post inoculación (Torres et al., 2000). Por su parte, al estudiar el tejido del sitio de inoculación, a los 15 días de la aplicación del candidato vacunal, se observó tejido granular hemorrágico (Grupo 4), el cual se adsorbió al cabo de 36 días, sin causar ningún daño en el tejido asociado. No se presentó ninguna alteración macroscópica, de valor diagnóstico, en los órganos evaluados.

Por su parte, el estudio histopatológico de esa zona muestra una dermatitis (Figura 3, a,b), caracterizada por histiocitos, fibroblastos, eosinófilos, neovascularización y el secuestro de precipitado de color rosado homogéneo, que en algunos casos se infiltró con las células antes descritas, manifestada fundamentalmente a los 15 días de inoculado el producto, en los grupos tratados con el candidato vacunal (Grupos 1 y 4).

El resto de los órganos muestreados no presentaron alteraciones histopatológicas de significación diagnóstica. Es válido destacar que en el grupo 4 no se observaron diferencias morfológicas entre los dos puntos de inoculación. La morfología del tejido evidencia una evolución positiva a los 36 días post inoculación, con respecto a los 15 días de inoculado el candidato vacunal, lo que evidencia una evolución hacia la normalidad en este tejido.

Podemos concluir que la administración de sobredosis y dosis repetidas del preparado vacunal evaluado: i) es segura en la categoría estudiada, sin presentar efectos adversos de importancia diagnóstica para el bienestar de los animales; ii) no produce variaciones histopatológicas de significación diagnóstica en los órganos evaluados iii) a pesar de que el punto de inoculación presenta alteraciones superficiales de cierto valor diagnóstico, un balance riesgo-beneficio lleva a considerarlos aceptables.

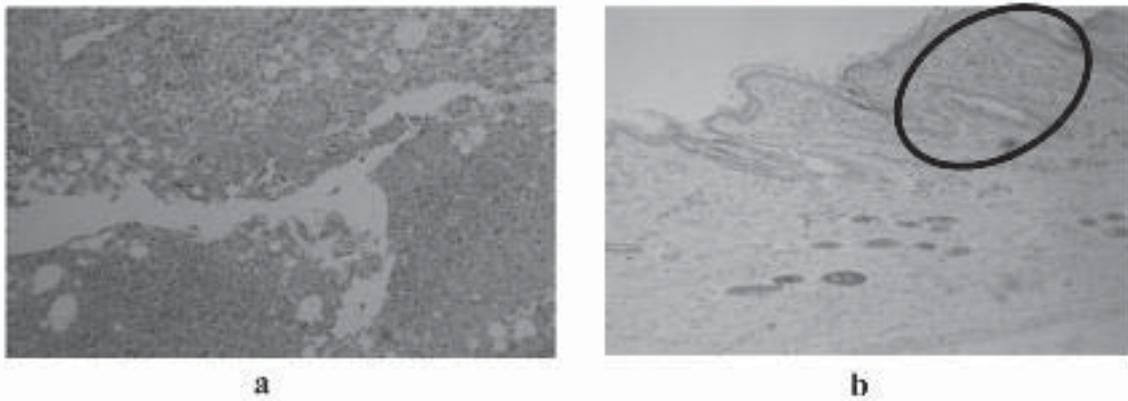


FIGURA 3. a) Animal 0108, grupo candidato vacunal. Dermatitis. **b)** Animal 0401, grupo candidato vacunal bifásico. 15 días post inoculación. Infiltrado Inflamatorio en dermis (Elipse negra).

Los retos actuales con este candidato vacunal radican en el establecimiento de un proceso industrial y una analítica robustos, que permitan profundizar en la formulación más adecuada, los esquemas de dosis óptimos y que lleven a lograr los perfiles de seguridad y eficacia esperados, desde tiempos tempranos de vida.

Agradecimientos

Queremos agradecer al Dr. Lorenzo Capucci y al Dr. Francisco Parra, por su apoyo desinteresado en el logro de estos resultados y a la ASESCU, por su invitación a participar en este Simposio.

Bibliografía

- Argüello-Villares J.L. 1991. Viral haemorrhagic disease of rabbits: vaccination and immune response. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 10:471-480.
- Campagnolo E.R., Ernst M.J., Berninger M.L., Gregg D.A., Shumaker T.J., Boghossian A.M. 2003. Outbreak of rabbit hemorrhagic disease in domestic lagomorphs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 223:1151-1155.
- Cooke BD. 2002. Rabbit haemorrhagic disease: field epidemiology and the management of wild rabbit populations. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.*, 21:347-358.
- Farnós O., Fernández E., Chiong M., Parra F., Joglar M., Méndez L., Rodríguez E., Moya G., Rodríguez D., Lleonart R., González E., Alonso A., Alfonso P., Suárez M., Rodríguez MP., Toledo J. 2008. Biochemical and structural characterization of RHDV capsid protein variants produced in *Pichia pastoris*: Advantages for immunization strategies and vaccine implementation. *Ant. Res.* 81(1):25-36.
- Farnós O., Fernández E., Chiong M., Parra F., Joglar M., Méndez L., Rodríguez E., Rodríguez D., González E.M., Suárez M., Rodríguez MP., Rodríguez A., Valdés J., González N., Limonta M., Estrada MP., Vargas M., Mena J., Sánchez K., Borroto C., García M. 2010. Desarrollo de un candidato vacunal de subunidad contra el virus de la Enfermedad Hemorrágica del Conejo. En: Libro de Actas 35 Symposium de ASESCU, Segovia, España, pp.1.2-1.9.
- Gregg D.A., House C., Meyer R., Berninger M. 1991. Viral hemorrhagic disease of rabbits in Mexico: epidemiology and viral characterization. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 10:435-451.
- Laurent S., Vautherot J. F., Madelaine M.A., Le Gall G., Rasschaert D. 1994. Recombinant rabbit hemorrhagic disease virus capsid protein expressed in baculovirus self-assembles into virus like particles and induces protection. *J. Virol.*, 68:6794-6798.
- Liu S.J., Xue H.P., Pu B.Q., Quian N.H. 1984. A new viral disease in rabbits. *Anim. Husb. Vet. Med.*, 16:253-255.
- Neilan J.G., Lu Z., Ward G., Lubroth J., Rock D.L., Kutish G.F. 2000. The genome of rabbit hemorrhagic disease virus (Iowa 2000) from North America. EMBL/GenBank/DDBJ databases direct.
- Ohlinger V.F., Haas B., Meyers G., Weiland F. and Thiel H.J. 1990. Identification and characterization of the virus causing rabbit hemorrhagic disease. *J. Virol.*, 64(7):3331-3336.
- Parra F., Prieto M. 1990. Purification and characterization of a calicivirus as the causative agent of a lethal hemorrhagic disease in rabbits. *J. Virol.*, 64(8):4013-4015.
- Toledo M., Seoane G., Serrano E., Encinosa A., Delgado C., González S., Percedo M.E., Chávez P.R., Mesejo V., Fregel N., Crombet H., Díaz-Mulet E., Brook M., Cruz E. 1995. Estudio epizootiológico y control de la enfermedad hemorrágica viral del conejo en la República de Cuba. *Rev. Cub. Cienc. Vet.*, 24:5-9.

- Van Bakkum J.G. 1997. Experience in the Netherland with the lapinised,, so-called Chinese© strain of vaccine. *Agrc. Res Sem On Hoy Cholera. / Classical swine fever and African, swine fever, Hannover, EVR 5904*, p. 379.
- Villagrà A, Blanes A, Torres A. 2004. Fisiología y bioclimatolog a del conejo. *Boletín de Cunicultura*, 132:6-16.

INTERCUN

R



Hermi, líder nacional en cunicultura, inicia una nueva fase de desarrollo dirigida a incrementar el consumo de carne de conejo en España. Estrenamos a la vez **nueva imagen**, un **crecimiento en ventas sostenido**, el desarrollo de **nuevos productos** y una **ilusión** por atender a nuestros **clientes** cada día mejor.)



HERMI[®]
CARNE DE CONEJO

BOZANO SL
c/ La Plata, 10
45500 Torrijos (Toledo)
Tfno: 925-760534

MATADERO EL JUCAR S.L
c/ Morron, 2
02210 Las Eras-Alcalá del Jucar (Albacete)
Tfno: 967-473117

CUNICOLA DEL MAESTRAZGO S.L
Poligono l'algar s/n
12160 Benasal (Castellón)
Tfno: 964-431041

HERMI VALLADOLID
Pol. Ind. La Mora, parc 50-51
47193 La Cistérniga (Valladolid)
Tfno: 983-403028
Fax: 983-403029
hermi@hermisl.com

HERMI GALICIA
Arborelle, 17
15168 Soñeiros Sada (A Coruña)
Tfno: 981-648114
Fax: 981-610194
romerorumbosl@telefonica.net

GESTORA CUNÍCOLA NORTE
Kipuzti Bidea, 5
48100 Mungia (Bizkaia)
Tfno: 946-156595
Fax: 946-740212
untxi@euskaltel.net