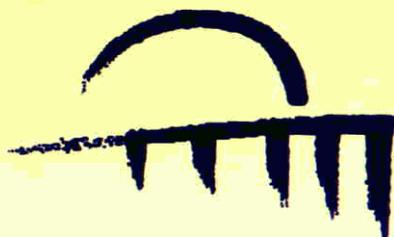


# FIMA GANADERA '2000

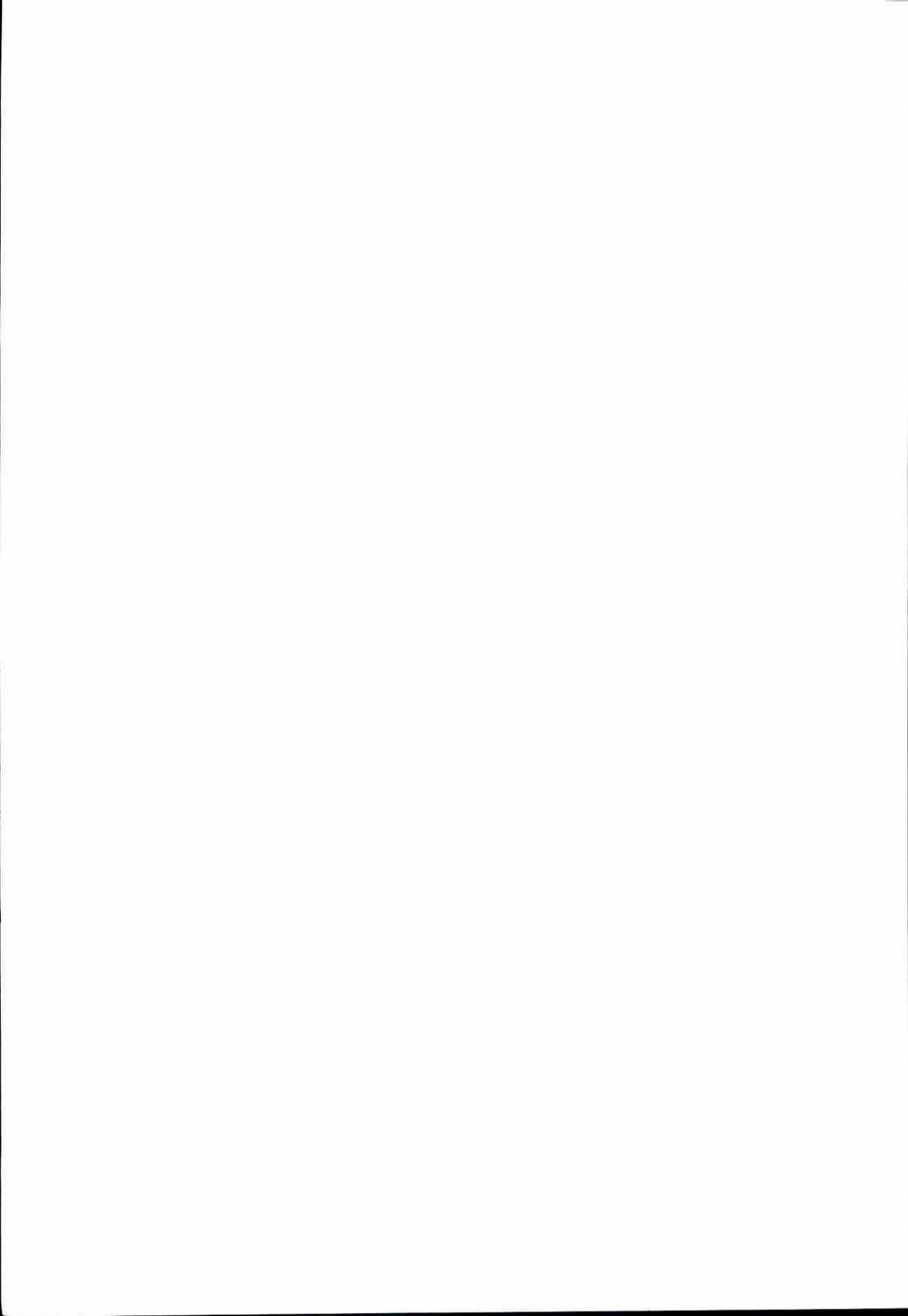


**FERIA DE ZARAGOZA**

## **LIBRO DEL XXV SIMPOSIUM DE CUNICULTURA**

11 Mayo 2000

**COORDINADOR:**  
Carlos Buxadé Carbó



**FIMA GANADERA '2000**  
**XXV SIMPOSIUM DE CUNICULTURA**

**11 Mayo 2000**

Depósito Legal: Z-3403-2001

Imprime: Gorfisa. Menéndez Pelayo, 4 • 50009 Zaragoza

COORDINADOR Y DIRECTOR

CARLOS BUXADÉ CARBÓ

Dr. Ingeniero Agrónomo. E.T.S.I.A. (U.P. Madrid)

Dr. Diplomlandwirt. Univ. Agronómica (Univ. Agronómica Kiel)

Máster D.C.M.-I.E.M. (Madrid)

Máster D.F. - I.E.M. (Madrid)

Diplomado en Pedagógica Universitaria (U.P.M.)

Catedrático E.T.S.I.A.- Universidad Politécnica de Madrid

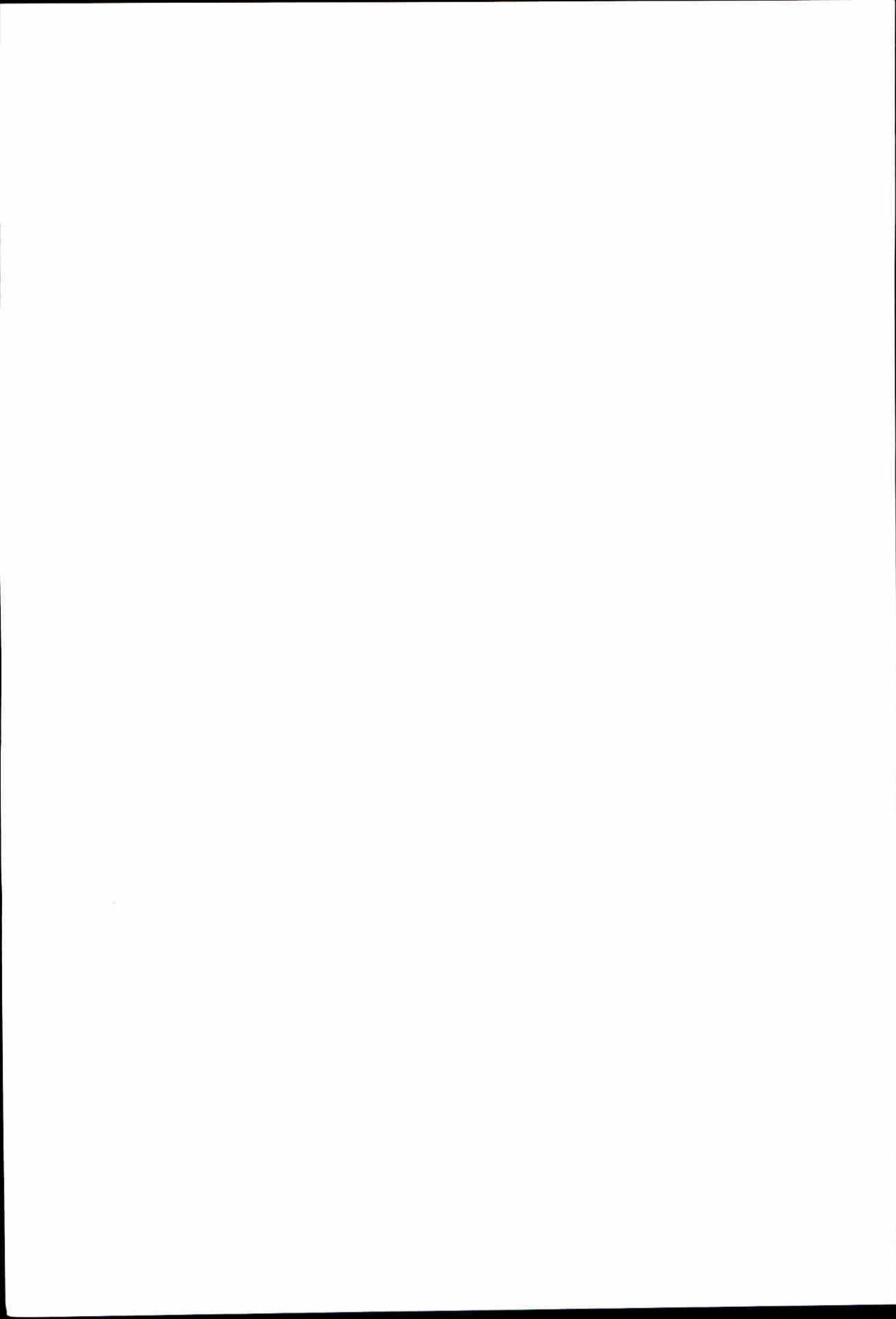
FIMA GANADERA '2000

XXV SIMPOSIUM DE CUNICULTURA

(11 Mayo 2000)

Con la participación de 26 autores

FERIA DE ZARAGOZA



## RELACIÓN DE PROFESIONALES QUE HAN PARTICIPADO

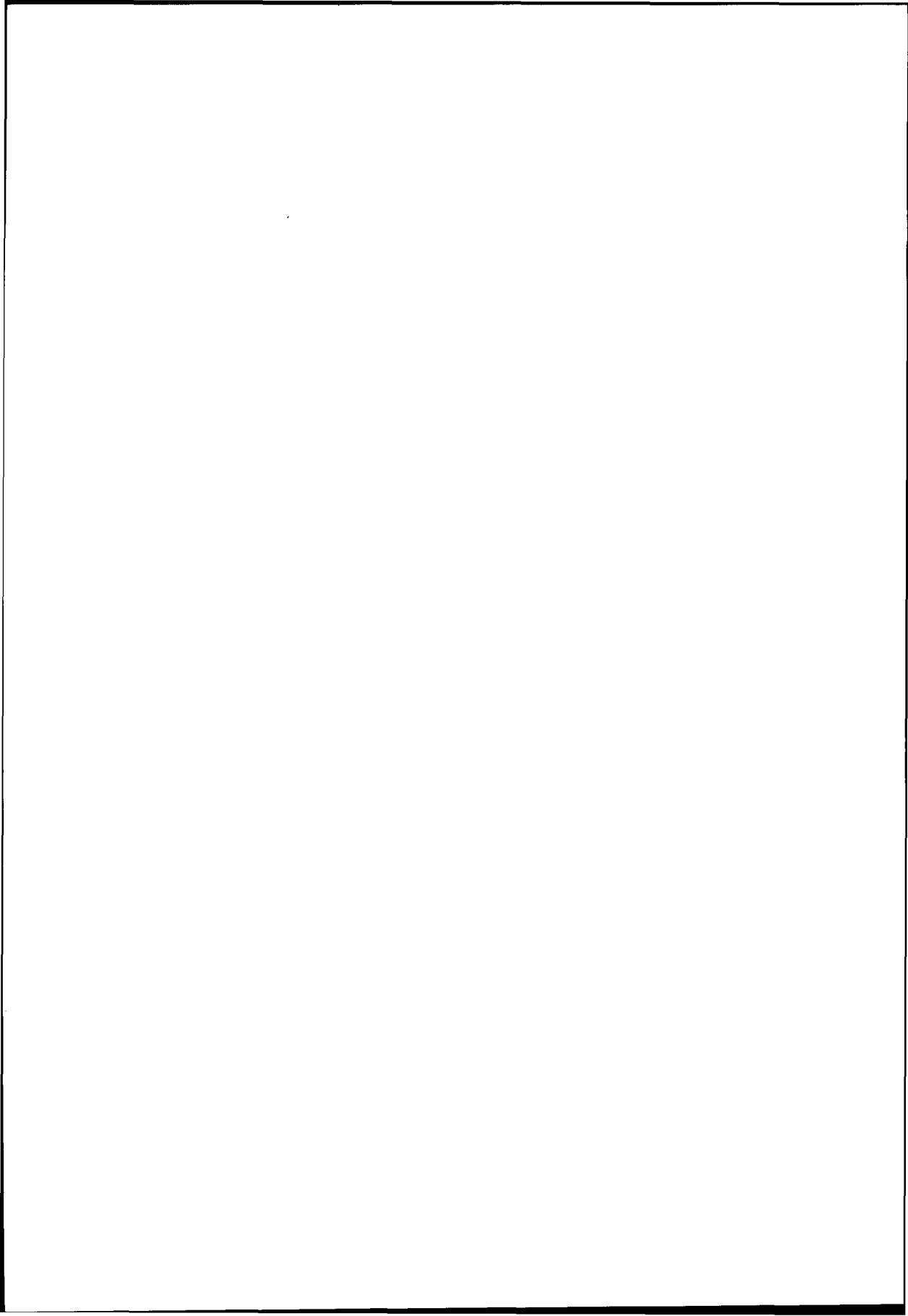
- ABAD, Jorge .....Presidente de ASEPHRU, Madrid.
- ALMANSA, Valentín .....Subdirector General de Vacuno y Ovino  
M.A.P.A.Madrid.
- ANADÓN, Arturo .....Catedrático. Facultad Veterinaria. Zaragoza.
- ALONSO, Manuel .....Químico. Director Comercial. De Laval  
Equipos, S.A.
- ARROITA, Zuriñe .....Veterinaria. Dpto. Patología Animal. Facul-  
tad Veterinaria. Zaragoza.
- BARCELÓ Sara .....Ingeniero Técnico Agrícola.
- BASELGA, Manuel .....Catedrático. Departamento de Ciencia Ani-  
mal U.P.V.
- BELENGUER, Alvaro .....Veterinario. Facultad Veterinaria. Zaragoza
- BLAS, Enrique .....Departamento Producción Animal U,P.V.
- BORDETAS, M<sup>a</sup> Pilar .....Directora de Certificación de Productos.  
S.G.S. Madrid.
- BUXADÉ, Carlos .....Catedrático, E.T.S.I. Agrónomos. Madrid.
- BOSSCHAERTS, Ludo .....SEGHERS, Genetics + Nutrition. Bélgica.
- BUYS, Nadine .....SEGHERS, Genetics + Nutrition. Bélgica.
- CARNERO, Juan C. ....Gerente. LELY. España
- CEPERO, Ricardo .....Profesor Titular. Facultad Veterinaria.  
Zaragoza
- DOMINGO, Mariano .....Catedrático. Dpto. de Sanidad y Anatomía  
Animales. Facultad Veterinaria. Universidad  
Autónoma Barcelona.
- ESCRIBANO, Carlos .....Director General de Ganadería. M.A.P.A.

- FRANCH, Antonio. ....Westfalia Landtechnik Ibérica, S.A. Granollers, Barcelona.
- HERRANZ, Alberto .....Gerente de ANCOPOR. Madrid. (Asociación Nacional de Comerciantes de Ganado Porcino)
- LUEZO, M<sup>a</sup> José .....Subdirectora de Sanidad Veterinaria Exterior. M.A.P.A.
- MARIMÓN, Alfonso .....Administrador.FULLWOOD, S.A.
- MOLLY, Koen .....SEGHERS, Vitamex. Bélgica Animales. Facultad Veterinaria. Univ. Autónoma Barcelona.
- REBOLLAR, Paloma .....Profesor Ayudante. E.T.S.I. Agrónomos. UPM.
- TUDELA, Francois .....Ingeniero Agrónomo. INRA Toulouse. Francia.
- VÁZQUEZ DE PRADA, M.A. .Gerente de FENIL. Madrid.
- VICENTE de, Juan Carlos .....Capital Goods & Technical Manager. MANUS. Madrid.

CAPÍTULO I

**SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS  
DEL SECTOR CUNÍCULA**

Carlos Buxadé Carbó



## ÍNDICE

0. Introducción
1. El sector cunícula a nivel mundial
2. La producción cunícula en Europa
3. La situación del comercio mundial
4. La producción cunícula en España
5. Resumen y primeras conclusiones

Principales fuentes consultadas



## 0. Introducción

A nivel mundial la **producción cunícula** tiene una importancia cuantitativa, que no cualitativa, que no dudamos en clasificar, en la realidad de los años 1999 y 2000, como muy discreta.

En este contexto, en lo que se refiere a la mencionada producción mundial de carne de conejo debemos distinguir entre dos cifras, que son, inicialmente, discrepantes o, al menos, significativamente distintas:

- a. La **producción mundial oficial** (datos FAO, por ejemplo), que, expresada en toneladas de carne equivalentes de canal, está cifrada, aproximadamente, en:

Año 1999.....1.015.927 toneladas

Año 2000.....1.120.000 toneladas (datos provisionales)

- b. La **producción mundial real** que, probablemente, sea notablemente superior dado que incluye las producciones oficialmente no controladas (y no hay que olvidar aquí, que en el caso del conejo, las producciones destinadas al autoconsumo, especialmente en el medio rural, son muy importantes).

Nosotros ciframos estas producciones “no contabilizadas” a nivel mundial (de acuerdo con estimaciones efectuadas, a partir del consumo de materias primas y de piensos, con destino a la cunicultura, de medicamentos con el mismo destino y de sacrificios no contabilizados oficialmente), siendo muy prudentes, en unas 300.000 a 350.000 toneladas anuales; toneladas que deben pasar a engrosar, lógicamente, las cifras oficiales de producción.

En definitiva, en nuestra opinión, la **producción mundial anual de carne de conejo**, expresada en peso canal, puede situarse, en la actualidad, alrededor de los **1,4 – 1,5 millones de toneladas**, una cantidad muy pequeña si se tiene en cuenta que, en el año 2000, la producción mundial de carne, expresada también en kilogramos de equivalente canal, probablemente, supere los 220 millones de toneladas/año (ello significa que la producción de este tipo de carne viene a suponer alrededor del 0,68 por 100 de la producción total de carne estimada a nivel mundial ).

### **1. El sector cunícula a nivel mundial**

Como ya se ha indicado la producción mundial anual real de carne de conejo entendemos si sitúa, en la actualidad del año 2000, alrededor de los 1,4 – 1,5 millones de toneladas de los cuales solo 1,1 o 1,2 millones de toneladas son “oficiales”. Esta última cifra procede del sacrificio de unos 744 millones de cabezas lo cual supone, a su vez, un peso medio de 1,55 kg. carne/cabeza sacrificada.

Al igual como ocurre en otras producciones, pero, en el caso que aquí nos ocupa, todavía es más exagerado si cabe, la **producción mundial de carne de conejo** está **geográficamente muy sesgada**. Así, el 75 por 100 de la mencionada producción oficial se efectúa en tan solo 4 países: China, Italia, **España** y Francia. La producción “reconocida” de estos cuatro país viene a suponer del orden de las 765.000 – 770.000 t/año, mientras que la real, probablemente, supere las 850.000 t/año.

En la figura 1 viene expuesta, de forma gráfica, la distribución de la producción en 9 países que se pueden considerar “grandes productores”. Como se puede observar, el mayor productor mundial es China, China Continental, con una producción anual oficial de unas 320.000 t/año, seguida de Italia (217.00 t/año), España (140.00 t/año), Francia (86.000 t/año) y, de acuerdo con los datos oficiales de la FAO, Egipto (70.000 t/año).

El análisis de la mencionada figura 1 pone bien de relieve el sesgo de la producción al que hemos hecho referencia.

## Los 9 mayores productores

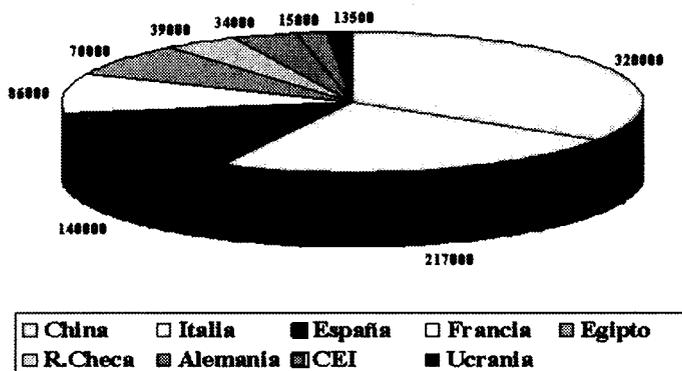


Figura 1.- Representación gráfica de la producción de carne de conejo en 9 de los países más productores.

Fuente: Datos FAO, 2000, modificados.

En el cuadro 1, vienen cuantificadas estas cantidades bien entendido que, en todos los gráficos y figuras del presente capítulo, salvo que se indique específicamente lo contrario, los datos referenciados son los que denominamos “oficiales”.

Como se puede verificar, analizando los datos expuestos en el mencionado cuadro 1, once países producen anualmente del orden de unas 955.000 t oficiales ( y unas 1.200.000 t reales) de carne de conejo lo que viene a suponer, aproximadamente, el 82 – 83 por 100 de la producción mundial.

Pero, para nosotros, los cunicultores españoles, lo más importante del mencionado cuadro 1 es, sin duda, el hecho de que, entre los 12 países más productores, cuatro (4) pertenecen a la Unión Europea (U.E.). Ello ya nos puede dar una idea de la importancia que realmente tiene la Unión en el “mundo del conejo”.

Cuadro 1.- Producción estimada de carne de conejo en una serie de países escogidos (datos 1999).

País	Producción (.000 t)
China	320.000
Italia	217.000
España	140.000
Francia	85.000
Egipto	69.500
República Checa	38.500
CEI	35.300
Alemania	34.000
Federación Rusa	14.500
Ucrania	13.500
Hungría	10.000
Argentina	7.000
Kazajstán	5.500
<b>Total</b>	<b>989.800</b>

Fuente: Datos FAO, 2000. Estimaciones propias.

Si la producción mundial oficial de carne de conejo se desglosa por “grandes áreas” y/o continentes, los datos son los siguientes:

- a. Europa: 578.000 t/año.
- b. Asia: 331.000 t/año.
- c. Africa: 86.000 t/año.
- d. América del Norte y Central: 4.400 t/año.
- e. América del Sur: 17.200 t.
- f. Oceanía: sin datos.

Este desglose de los datos nos permite verificar que Europa es la “mayor región” productora de carne de conejo del mundo; ella sola ya produce, aproximadamente, el 50 por 100 de la producción mundial y lo que, tal vez, sea más importante, la tendencia es a seguir creciendo y así, para el año 2000 se espera que esta producción se sitúe alrededor de las 590.000 toneladas y que, en el año 2003, la producción anual de este tipo de carne supere las 600.000 t.

Las mencionadas producciones se sustentan en un sacrificio anual de conejos que, a nivel mundial, se puede situar alrededor de las 744 millones de cabezas/año de las cuales alrededor del 53 por 100 (unos 398 millones de cabezas/año) se sacrifican en Europa y un 46 por 100 (339 millones de cabezas anuales) son sacrificadas en la Unión Europea.

China, por su parte, sacrifica, siempre según los datos oficiales, del orden de los 230 millones de cabezas anuales.

De acuerdo con todos los datos expuestos hasta el momento, las importancias relativa y absoluta de la Unión Europea queda fuera de toda duda y a esta región vamos a dedicar el próximo apartado.

## **2. La producción cunícula en Europa**

Como ya se ha indicado la producción en Europa ha venido creciendo en los últimos años, tal y como queda expuesto en los datos del cuadro 2.

Cuadro 2. Evolución de la producción oficial de carne de conejo en Europa.

Año	Producción
1997	545.000 t
1998	560.000 t
1999	578.000 t
2000 (p)	590.000 t

Fuente: Datos FAO, estimaciones propias.

En Europa se sacrifican del orden de unas 397.500.000 cabezas, lo que supone unos 1,46 kg. de carne por cabeza.

Dentro de Europa destaca, por su importancia cuantitativa, la Unión Europea de los Quince (U.E. - 15), que viene a producir unas 485.000 t/ anuales de carne de conejo, que proceden del sacrificio de unos 340 millones de cabezas, con un rendimiento medio de 1,42 - 1,46 kg. de carne /canal (Figuras 2 y 3).

### Producciónj de carne de conejo (Miles de toneladas)

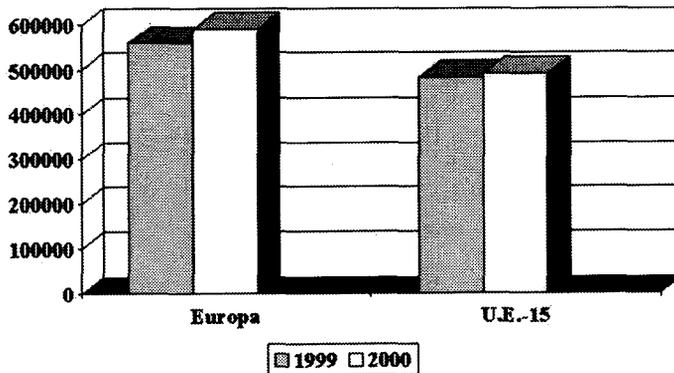


Figura 2. Producción de carne de conejo en Europa y en la U.E. - 15.

Fuente: Datos F.A.O. 2000, modificados.

El desglose de la producción en los distintos países europeos viene reflejado en el cuadro 3. Algunos de los datos de este cuadro ya han sido referenciados con anterioridad.

### Animales sacrificados (Miles de cabezas)

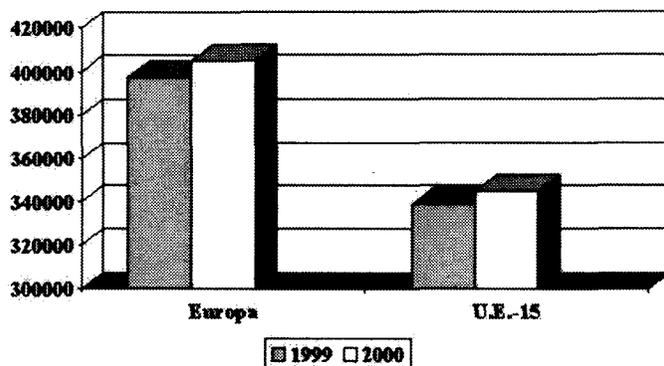


Figura 3. Cabezas de conejos (en miles) sacrificadas en Europa y en la U.E. – 15.

Fuente: Datos F.A.O. 2000, modificados.

Cuadro 3.- Producción de carne de conejo en los distintos países europeos (1998/1999).

País	Producción (.000 t)	País	Producción (.000 t)
Alemania	34.000	Austria	860
Bulgaria	5.000	República Checa	38.500
Eslovaquia	3.500	España	140.000
Estonia	30	Federación Rusa	14.500
Francia 85.200	Grecia	5.000	
Hungría	10.000	Italia	217.000
Lituania	200	Malta	1.350
República Moldava	432	Polonia	4.000
Rumania	3.800	Suiza	1.100
Ucrania	13.500	Unión Europea	577.900

Fuente: Datos FAO, 2000.

Dentro de Europa, entre los distintos países, hay diferencias significativas, en lo que al peso de las canales se refiere, tal y como queda expuesto en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Peso de las canales de conejo en diferentes países de Europa.

País	Peso (kg. canal)	País	Peso (kg. canal)
República Checa	1,90	Bulgaria	1,70
Austria	1,65	Alemania	1,60
Italia	1,50	Francia	1,50
España	1,25	Polonia	1,20

Fuente: Datos FAO, 2000.

En definitiva, la importancia cuantitativa, en valores absolutos, de Europa, en lo que se refiere al “mundo del conejo”, no es elevada, si lo desde una perspectiva relativa y desde una perspectiva cualitativa.

En nuestra opinión, con una visión a 5 años y por supuesto, muy condicionado por la evolución que pueda tener el problema de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (E.E.B.), el subsector cunícula europeo, en nuestra opinión, en los próximos 5 años, crecerá hasta situarse su producción, expresada en equivalentes kilogramos canal, tal vez, en las 700.000 t/año; si esta hipótesis resulta cierta, la producción de la actual Unión Europea se puede situar en las 525.000 – 550.000 t anuales; una cifra que, en el contexto de la producción cárnica de la Unión, sigue siendo, lógicamente, muy discreta., aunque siempre interesante.

### 3. Situación del comercio mundial

A nivel mundial la cuantía del comercio de conejos y/o de carne de conejo, expresada a través del cómputo de exportaciones, es sumamente discreta, de acuerdo con los datos oficiales disponibles que son del año 1999 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valor de las exportaciones de conejos y/o de carne de conejo a nivel mundial y de la U.E.-15 (datos 1999).

Región	Conejos (cabezas)	Carne (toneladas)
Mundo	2.200.000	3.500
U.E.-15	2.050.000	2.910

Fuente: Datos F.A.O. 2000.

Es evidente que se trata de cantidades muy pequeñas si las comparamos con la producción oficial global, que debe rondar, en la realidad del período 2000/2001.

#### Exportaciones-Grandes países exportadores

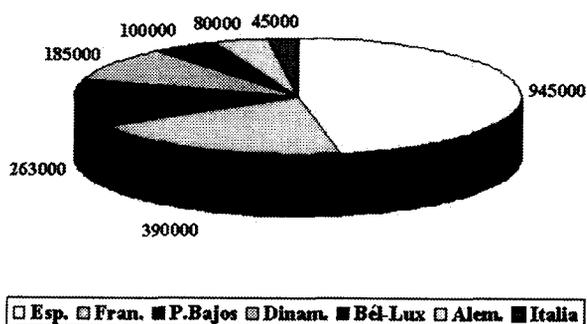


Figura 4. Los grandes países exportadores (cabezas). Datos 1999/2000.

Fuente: Datos FAO.

Como se puede observar, analizando la figura 4, España es el país que más exportador (hablando siempre de exportaciones brutas) del Mundo, seguida de Francia y de los Países Bajos.

En cuanto a las importaciones (incluyendo el comercio intracomunitario) vienen a suponer unos 3,5 millones de cabezas anuales. Los 4 países con un “mayor nivel de importaciones” son:

Bélgica – Benelux.....	1.720.000	cabezas/año
Francia.....	1.060.000	cabezas/año
Portugal.....	610.000	cabezas/año
Italia.....	43.000	cabezas/año

Estos Estados de la Unión absorben el 50 por 100 del total de las importaciones mundiales.

Expresado en dólares:

Exportaciones.....	12.500.000	dólares U.S.A.
Importaciones.....	18.200.000	dólares U.S.A.
Saldo .....	- 5.700.000	dólares U.S.A.= 5.650.000 Euros

Estas cantidades, vistas en el conjunto del comercio agropecuario mundial son muy pequeñas, pero están “acordes” con la magnitud el mercado cunícula mundial.

#### **4. La producción cunícula en España**

La caracterización de la producción cunícula española viene reflejada por los datos expuestos en el cuadro 6. Como se puede comprobar el parque total de reproductoras está formado por unos 2,5 millones de cabezas, que se pueden dividir en dos grandes grupos:

Reproductoras oficialmente censadas.....	2.250.000	cabezas
Reproductoras no censadas.....	250.000	cabezas (mínimo)

Cuadro 6. Caracterización del subsector cunícula (datos oficiales).

Conceptos	Datos de referencia
Conejas reproductoras	
- Hembras censadas oficialmente	2.250.000 cabezas
- Hembras no censadas	250.000 cabezas
Producción de carne	140.000 toneladas/año
Sacrificios	112.000.000 cabezas
Peso vivo medio	1,95 kg.
Peso canal	1,25 kg.
Exportaciones	
- Cabezas	948.000 conejos
- Toneladas	1.200 toneladas
- Valor (Dólares U.S.A.)	5.200.000 dólares
Importaciones	Insignificantes (205.000 dólares U.S.A.)
Granja media	350 – 420 hembras

Fuente: Datos M.A.P.A., Juan María Rosell, estimaciones propias.

La producción estimada se sitúa en unas 140.000 t/año que corresponden a un sacrificio de unos 112 millones de cabezas; lógicamente, a estas cantidades habría que sumar las correspondientes a los autoconsumos.

Importante remarcar, una vez más, la importancia de las exportaciones que, en el año 1.999, alcanzaron un valor superior a los 5,2 millones de dólares U.S.A.

Probablemente, tan importante como analizar la situación actual de este subsector pecuario en España sea el estudiar cuales son, en nuestra opinión, las perspectivas del mismo.

Los principales parámetros que pueden definir, o al menos enmarcar este futuro, porque se trata de “elementos condicionantes”, son los siguientes:

- a. La existencia de un peligro, a medio plazo, de regresión de los consumos, que ya en la actualidad son bajos (del orden de los 3,5 kg./persona y año).
- b. Se trata de una carne relativamente cara (750 – 900 ptas./kg. canal, de media) frente a otros productos sustitutivos; de no fácil manejo a nivel restauración.
- c. Con, según zonas, significativos problemas de imagen (lo cual hace absolutamente necesario, a nivel comercial, poner en evidencia las calidades, bromatológica, higio – sanitaria, organoléptica, etc. de esta carne). Ello significa que se hace necesario entrar de lleno en el mundo de **las marcas de calidad** (base ISO 45.000).
- d. Se hace preciso mejorar el tejido industrial (léase de seguir concentrando el número de mataderos).
- e. Será imprescindible adecuar las explotaciones a las nuevas directrices sobre bienestar animal (R.D. 348/2000).
- f. Se hace necesario mejorar el nivel higiénico y/o sanitario de un número significativo de explotaciones. El último problema, ocasionado por la enteropatía mucoide, ha puesto en evidencia, una vez más, la debilidad que tiene, en este ámbito el subsector cunícula.

En definitiva, se trata, en España, al igual como ocurre en otros Estados de la Unión, en la propia Unión Europea y en el Mundo, de un subsector pecuario de importancia cuantitativa muy discreta y con una serie de situaciones estructurales que, en nuestra opinión, hacen muy difícil que progrese cuantitativamente de forma altamente significativa.

Por otra parte no debe olvidarse que es un subsector pecuario que, desde un perspectiva productiva, no dudamos en clasificar de maduro y que está asentado, en gran medida, en explotaciones de tipo familiar pequeño o medio, lo que le confiere una “elevada resistencia” frente a factores adversos (sanitarios o de mercado).

Como es conocido la producción ha ido creciendo lentamente en los últimos años (muy lentamente incluso, si la comparamos con la evolución del ganado porcino e, incluso vacuno de carne) y no creemos que vaya a cambiar esta tendencia de forma significativa, a pesar de la problemática desencadenada por la Encefalopatía Espongiforme Bovina (o mal de las “vacas locas”).

Consecuencia de todo lo expuesto es la gran irregularidad que muestran los precios en los distintos mercados lo que hace difícil establecer pronosis.

En cualquier caso, de lo que no nos cabe duda, es de que, en un futuro a corto – medio plazo, España seguirá siendo, en el seno de la Unión Europea, el segundo productor, detrás de Italia y que, a nivel mundial, continuará siendo el punto de referencia en lo que a las exportaciones se refiere.

## **5. Resumen y primeras conclusiones**

A lo largo del presente capítulo, que constituye una sinopsis de nuestra intervención, que tuvo lugar en el XV Symposium de Cunicultura que se celebró en el marco de la FIMA GANADERA 2000, se ha pretendido dar unas pinceladas sobre lo supone el sector cunícula a nivel mundial (producción global estimada en 1,4 –1,5 millones de toneladas), de Europa (algo menos de 600.00 t de equivalentes kilogramos canal anuales) de la Unión Europea (500.000 t/año) y de España (140.000t/año).

En cada una de estas áreas se han puesto de manifiesto las principales características y sus puntos fuertes y débiles, haciendo especial hincapié en el comercio mundial, tanto en lo que se refiere a las expor-

taciones como a las importaciones; capítulo en el cual España ocupa un lugar de liderazgo.

Finalmente se ha tratado, con un poco más de detalle, la situación española, en dónde se han tenido en cuenta los principales parámetros que definen a este subsector y sus perspectivas.

La idea es que este capítulo defina, en cierto modo, los parámetros donde se mueve el subsector cunícola mundial, europeo y español.

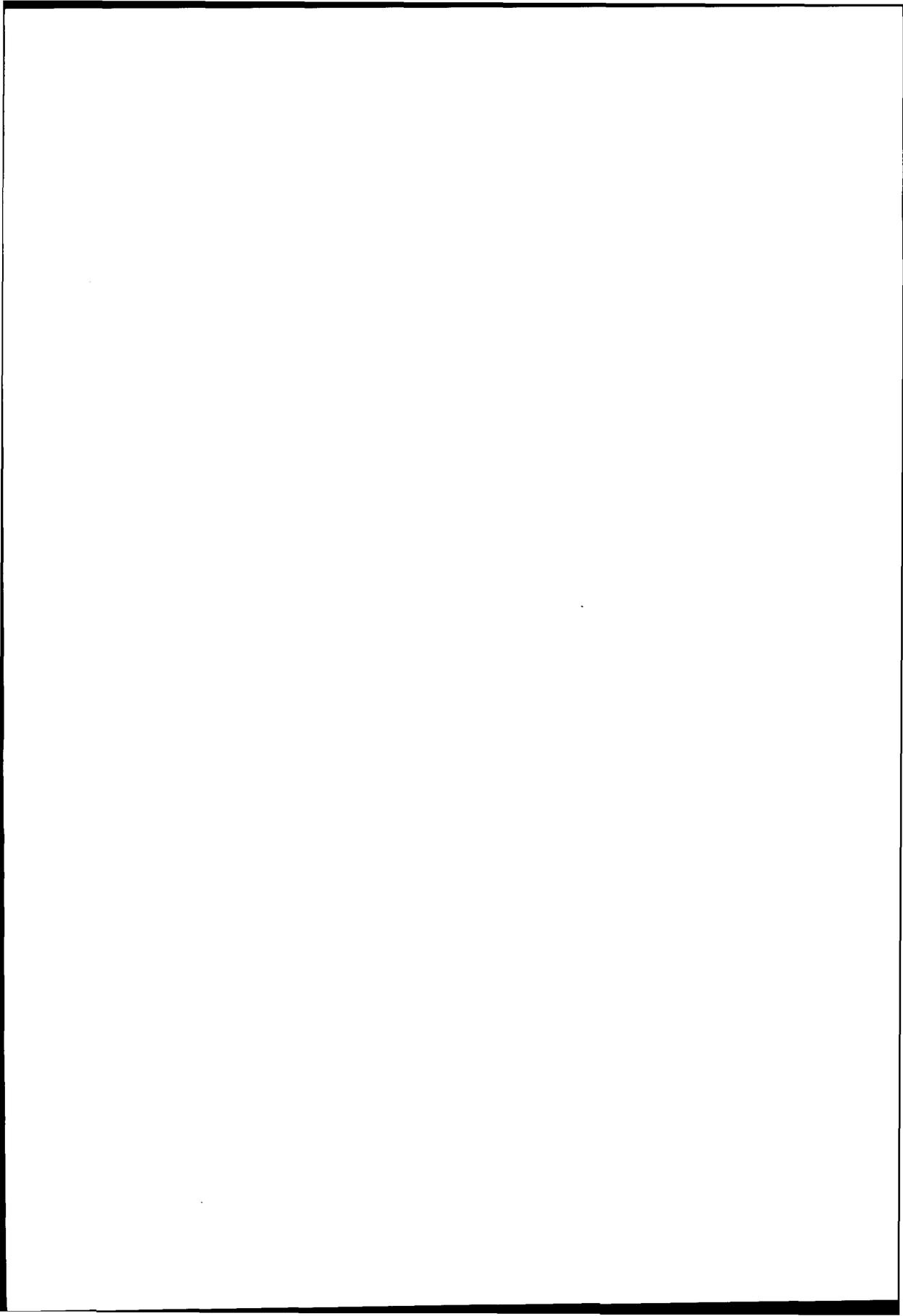
### **Principales fuentes consultadas**

- Buxadé, C. 2000: La situación de subsector cunícola; realidad y perspectivas. Conferencia, 4 de Marzo 2000.
- FAO, 2000: diversa información contenida en los anuarios y en Internet.
- Gurri, A., 2000. Comunicación personal.
- Rosell, J-M. 1996. Situación actual y perspectivas de la cunicultura. En Buxadé, Zootécnica: Bases de Producción Animal, Tomo X, Capítulo I.
- Rosell J.M., 2000. Comunicación personal.

## CAPÍTULO II

# ALIMENTACIÓN PRÁCTICA DE CONEJOS

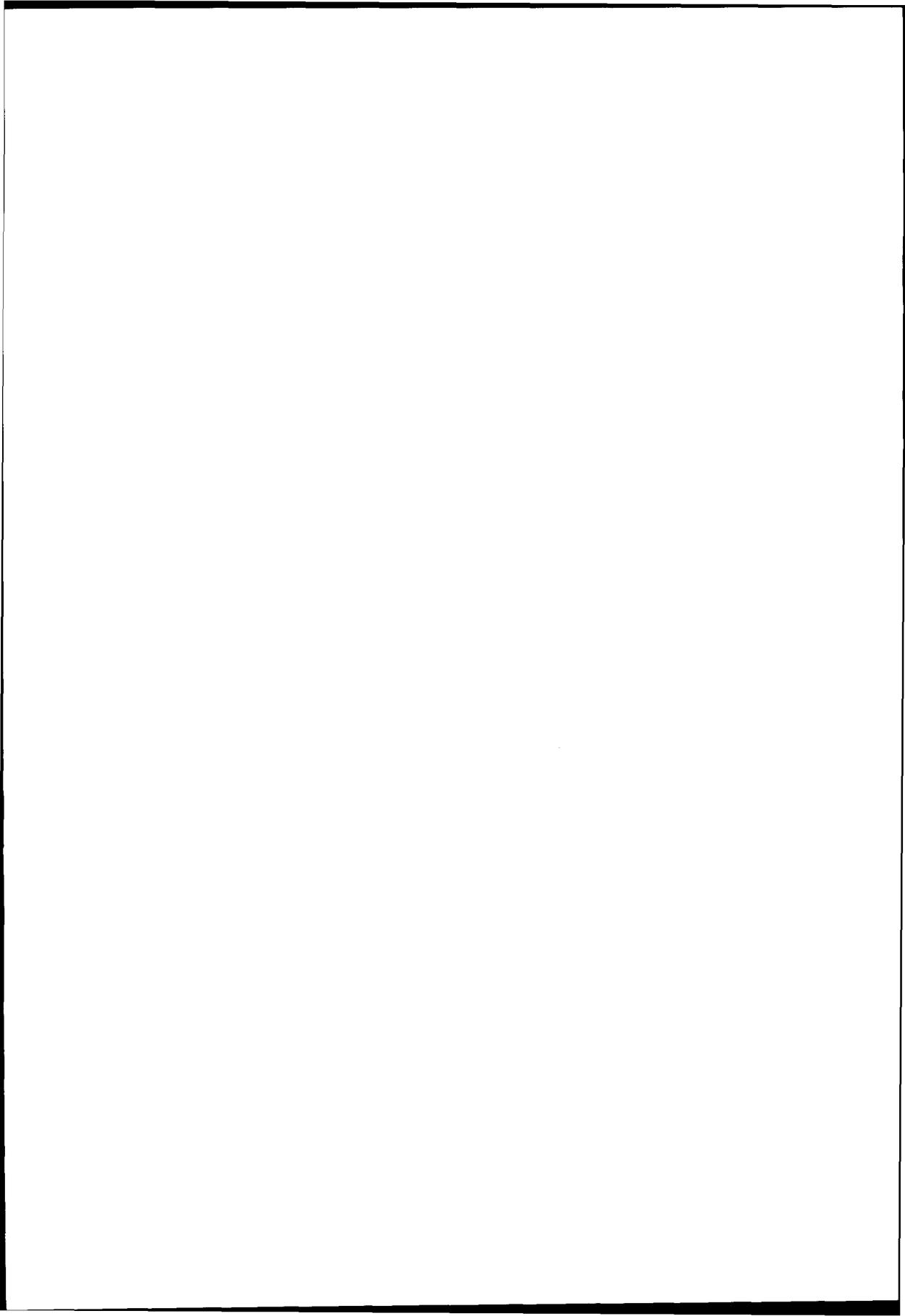
Enrique Blas Ferrer



# ÍNDICE

- 0. Introducción
- 1. Comparación de los piensos
  - 1.1. Pienso único
- 2. Programa de alimentación
  - 2.1. Alimentación de conejas reproductoras
  - 2.2. Alimentación de conejos de engorde
  - 2.3. Alimentación de la reposición
  - 2.4. Machos
- 3. Fabricación de piensos

Principales fuentes consultadas



## 0. Introducción

El conejo es un herbívoro monogástrico altamente eficiente desde el punto de vista biológico. Para satisfacer sus elevadas exigencias metabólicas cuenta con un aparato digestivo que permite la ingestión de grandes cantidades de alimentos fibrosos y un tránsito rápido de los mismos.

La microbiota del ciego puede obtener energía a partir de los constituyentes fibrosos. No obstante, la digestibilidad de la fibra en esta especie es en general baja, inferior incluso a la observada en caballo y en cerdo. Esta escasa capacidad del conejo para utilizar la fibra tiene su origen en el escaso tiempo de permanencia en el ciego, especialmente en el caso de las partículas fibrosas grandes. Sin embargo, la fibra resulta esencial para mantener la motilidad ceco-cólica, la tasa de renovación del contenido cecal y el equilibrio del frágil ecosistema microbiano cecal.

El conejo optimiza el aprovechamiento de la microbiota cecal gracias a la cecotrofia, un complicado proceso que culmina con la ingestión de parte del contenido cecal, dispuesto en forma de racimos de pequeñas esferas con envoltura mucosa, denominadas heces blandas o cecotrofos. Su principal ventaja es el aporte de proteína microbiana, digestible y rica en aminoácidos esenciales. No obstante, el interés de la cecotrofia en cunicultura intensiva es limitado y la cobertura de las elevadas necesidades para la lactación o el crecimiento depende del aporte dietario.

La cría del conejo se basaba en la utilización de forrajes, más o menos complementados con otros alimentos más concentrados (cereales, legumbres, etc.). Este sistema, habitual en países menos desarrollados con producción a pequeña escala para consumo familiar, prácti-

camente ha desaparecido en nuestro entorno, donde la explotación intensiva pasa necesariamente por el empleo de piensos compuestos granulados. En explotaciones de pequeño tamaño es posible utilizar un sistema mixto, consistente en el suministro de pienso compuesto granulado en comederos de tipo tolva y de forraje (verde o henificado) en rastrillos o directamente sobre la jaula. Su única ventaja es que reduce los gastos por compra de pienso, pero complica el manejo y requiere bastante más mano de obra, por lo que resulta poco práctico en explotaciones de tipo industrial.

## **1. Composición de los piensos**

La composición del pienso debe permitirnos cubrir las necesidades nutritivas y obtener buenos rendimientos, así como mantener la normalidad digestiva y minimizar el riesgo de trastornos. El número de piensos diferentes que deben utilizarse en una explotación cunícola es, lógicamente, limitado. En la práctica, se plantean tres posibles alternativas:

### **1.1. Pienso único**

Se trata de suministrar a todos los animales de la granja el mismo tipo de pienso, formulado según las recomendaciones de el cuadro 1. Este sistema parece el más aconsejable para granjas pequeñas, ya que permite reducir al mínimo el número de silos para el almacenamiento de pienso, simplifica el manejo y en general funciona bien dada la notable capacidad de los animales para regular la ingestión según la concentración energética del pienso. Sin embargo, con este tipo de pienso se corre el riesgo de que el aporte energético sea insuficiente para conejas lactantes de alta producción. Además, en cebo se produce un dispendio de proteína y minerales, con aumento de la excreción de nitrógeno y fósforo, cuyas emisiones deben estar controladas para reducir el impacto medioambiental de las granjas.

Cuadro 1. Niveles nutritivos recomendados en el pienso único (%).

	A	B	C
ED (MJ/kg)	10.5	10.3	10.5
PB	16.5	16.4	15.9
PD	12.0	11.5	11.1
Lisina	0.75	0.78	0.80
Metionina+Cistina	0.60	0.64	0.60
Treonina	-	-	0.68
FB	14.0	14.9	14.0
FAD	-	17.5	17.0
FND	-	-	33.0
Almidón	-	< 20	16.0
Calcio	1.20	1.10	1.15
Fósforo	0.70	0.65	0.60

Fuente: A, Lebas (1989); B, González-Mateos y Piquer (1994); C, de Blas y González-Mateos (1998).

## 1.2. Dos piensos

En granjas de tipo industrial se suele disponer de dos tipos de pienso, uno para conejas en lactación (Cuadro 2) y otro para conejos de cebo (Cuadro 3), ya que entre ambos colectivos suponen más del 90 por 100 del consumo total de pienso.

El pienso de lactación debe ser más energético y este mayor nivel energético se consigue habitualmente mediante la adición de grasa, obteniéndose un efecto beneficioso sobre la ingestión de energía, la producción lechera y el peso de la camada a los 21 días (Fraga *et al.*, 1989; Castellini y Battaglini, 1991; Cervera *et al.*, 1993; Xiccato *et al.*, 1995; Pascual *et al.*, 1998 y 1999a). La cantidad de grasa que puede incluirse está limitada por su efecto negativo sobre la calidad del grá-

nulo; en la práctica no se suele superar el 6 por 100 de extracto etéreo ya que niveles superiores obligarían a introducir modificaciones en el proceso de fabricación (doble granulación, expansión, extrusión), con el consiguiente aumento del precio del pienso. Cuando el incremento del valor energético se obtiene por aumento del contenido en almidón, el mayor consumo de energía no tiende a traducirse en una mejora del rendimiento de las conejas sino en un aumento de su peso corporal (Pascual *et al.*, 1999b). El pienso de lactación también es más rico en proteína y minerales que el pienso para cebo, que es más fibroso y normalmente más barato.

Cuadro 2. Niveles nutritivos recomendados en el pienso de lactación (%).

	A	B	C	D
ED (MJ/kg)	10.9	10.5	10.4	11.1
PB	18.0	17.8	17.3	18.4
PD	13.4	13.1	13.2	12.9
Lisina	0.90	0.90	0.80	0.84
Metionina+Cistina	0.55	-	0.62	0.65
Treonina	-	-	-	0.70
FB	12.0	11.5	13.5	13.5
FAD	-	15.0	17.0	16.5
FND	-	-	-	31.5
Almidón	-	-	< 22	18.0
Calcio	1.10	-	1.15	1.15
Fósforo	0.80	-	0.70	0.60

Fuente: A, Lebas (1989); B, Maertens (1992); C, González-Mateos y Piquer (1994); D, de Blas y González-Mateos (1998).

Cuadro 3. Niveles nutritivos recomendados en el pienso de cebo (%).

	A	B	C	D
ED (MJ/kg)	10.5	9.9	10.4	10.5
PB	15.5	16.3	16.4	15.3
PD	10.9	11.5	11.3	10.7
Lisina	0.65	0.70	0.78	0.75
Metionina+Cistina	0.60	-	0.59	0.54
Treonina	-	-	-	0.64
FB	14.0	14.5	14.6	14.5
FAD	-	18.5	18.5	17.5
FND	-	-	-	33.5
Almidón	-	-	< 20	16.0
Calcio	0.80	-	0.55	0.60
Fósforo	0.50	-	0.35	0.40

Fuente: A, Lebas (1989); B, Maertens (1992); C, González-Mateos y Piquer (1994); D, de Blas y González-Mateos (1998).

### 1.3. Tres piensos

Se aconseja utilizar un tercer tipo de pienso específico para gaza-  
pos antes y después del destete, con el fin de reducir la incidencia de  
trastornos diarreicos y la mortalidad durante esta fase (Maertens y  
Villamide, 1998). Este pienso de destete se caracteriza por tener mayor  
contenido fibroso y menor contenido en almidón que el pienso de  
cebo, siendo también algo menores sus niveles de energía y proteína  
(Cuadro 4). Se suministra desde las 3 semanas a las 6-7 semanas, de  
forma que normalmente es consumido también por las conejas al final  
de la lactación, cuando la producción lechera no se puede resentir gra-

vemente pues ya está en su fase descendente. Lógicamente, el empleo de dos tipos de pienso a lo largo del periodo de engorde (destete y cebo) es más fácil de implantar en explotaciones con manejo en bandas, en las que el cebo está organizado en lotes más o menos grandes.

Se ha propuesto también el empleo de piensos de acabado, más energéticos y menos proteicos que los piensos típicos de cebo (Maertens y Luzi, 1996); no parece que tengan mucho sentido en nuestro país, aunque sí en aquéllos en los que el engorde se prolonga para satisfacer un mercado que demanda canales más pesadas, como sucede en Francia y sobre todo en Italia.

Cuadro 4. Niveles nutritivos recomendados en el pienso de destete (%).

	A	B	C
ED (MJ/kg)	9.6	9.5	9.6
PB	15.5	15.8	15.5
PD	10.0	10.8	10.7
Lisina	-	0.75	0.74
Metionina+Cistina	-	-	0.61
FB	16.0	15.5	16.0
FAD	-	20.0	-
Almidón	< 18	< 13.5	< 14
Calcio	-	-	0.90
Fósforo	-	-	0.60

Fuente: A, de Blas (1990); B, Maertens (1992); C, González-Mateos y Piquer (1994).

## 2. Programa de alimentación

La alimentación de una explotación cunícola de tipo industrial debe basarse por tanto en el empleo de los tres tipos de pienso ya mencionados: lactación, destete y cebo. El resto de los animales de la granja (conejas en gestación o espera, reposición y machos) recibirá normalmente el pienso de cebo; en algunas situaciones se les suministrará de forma restringida para evitar un engrasamiento excesivo (35 g/kg de peso vivo).

### 2.1. Alimentación de conejas reproductoras

Las necesidades nutritivas de las conejas son muy elevadas y por ello deben ser alimentadas *ad libitum*, con objeto de evitar el deterioro de su condición corporal y de su productividad en los sucesivos ciclos reproductivos.

La Figura 1 recoge la ingestión de pienso en conejas con un ciclo reproductivo de 42 días y destete a los 32 días. Las conejas presentarán un balance energético ligeramente positivo al principio de la lactación, seguido de una intensa movilización de la reserva energética corporal durante la fase de mayor producción lechera (especialmente en las primíparas, cuya capacidad de ingestión todavía es limitada) y de una recuperación incompleta de las reservas corporales al final de la lactación, cuando la ingestión se mantiene alta o desciende ligeramente mientras la producción lechera decae notablemente (Sabater *et al.*, 1993; Fernández-Carmona *et al.*, 1995). Como se ha señalado, en las primeras tres semanas de lactación deberá suministrarse un pienso específico para esta fase, siendo aconsejable cambiar después a un pienso de destete, más ajustado a las necesidades de los gazapos.

Cuando se produce el destete, la coneja normalmente ya estará en el último tercio de gestación. Al principio de este periodo la ingestión disminuye pero todavía permite que la coneja culmine la recuperación de su reserva energética corporal. Ya en los últimos días de gestación se produce un acusado descenso de la ingestión, con movilización de energía corporal para el desarrollo fetal.

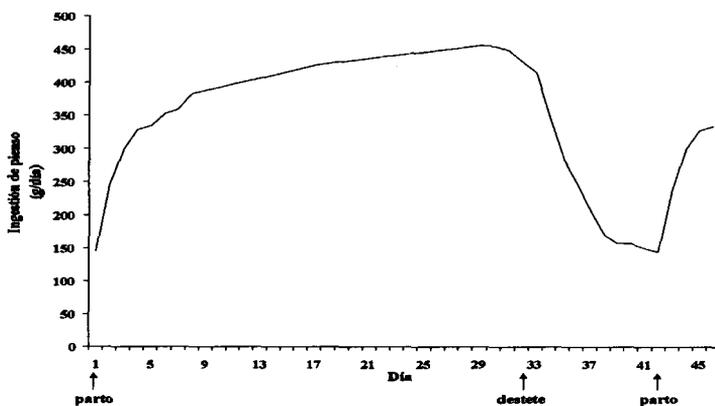


Figura 1. Ingestión de pienso a lo largo del ciclo reproductivo

Fuente: Maertens y Villamide, 1998.

Si en el momento del destete la coneja estuviera al inicio de la gestación o vacía conviene optar por la restricción de pienso hasta que entre en el último tercio de la gestación, para evitar un engrasamiento excesivo que pueda aumentar la mortalidad perinatal y reducir la ingestión al inicio de la siguiente lactación (Partridge *et al.*, 1986). La misma pauta sería de aplicación en la gestación de las primíparas. En la práctica es frecuente obviar estas restricciones, ya que afectan a un reducido número de animales por cortos periodos de tiempo y complican el manejo.

## 2.2. Alimentación de conejos de engorde

La alimentación será *ad libitum* durante todo el periodo de engorde, con pienso de destete hasta las 6-7 semanas y continuando con pienso de cebo hasta el momento del sacrificio. La restricción alimentaria durante este periodo no es aconsejable: reduce la velocidad de crecimiento y alarga el periodo de cebo, aumenta la necesidad de plazas de comedero, requiere más mano de obra y, cuando se compara a mismo peso final, no mejora el índice de conversión. Tampoco es recomendable restringir la alimentación durante la semana postdestete,

ya que ello conduce a una menor tasa de renovación del contenido cecal, lo que favorece el desarrollo de diarreas.

A pesar de la complicación que supone, debe observarse un escrupuloso cumplimiento del preceptivo periodo de retirada de los piensos con aditivos medicamentosos, recurriendo a un *pienso blanco* en los días previos al sacrificio.

### **2.3. Alimentación de la reposición**

La alimentación de las futuras reproductoras durante el periodo de recría tiene una importante repercusión sobre su posterior vida productiva. En la práctica se recomienda alimentarlas *ad libitum* hasta los 3 meses de vida y continuar con alimentación restringida hasta el momento de la primera cubrición o inseminación, en torno a las 17-18 semanas, siendo aconsejable un flushing durante los 4-5 días previos. La alimentación *ad libitum* durante todo el periodo de recría permite anticipar 2 semanas el inicio de la actividad reproductiva y quizá mejores resultados en el primer parto, pero acorta la vida reproductiva y aumenta la tasa de reposición (Maertens y Villamide, 1998).

Recientemente se ha señalado que la alimentación de las conejas de reposición con un pienso casi exclusivamente compuesto de heno de alfalfa (96 por 100), suministrado *ad libitum* hasta el parto, parece tener efectos positivos en la primera lactación, aumentando la capacidad de ingestión, la producción de leche y el peso de la camada a los 21 días (Fernández-Carmona *et al.*, 2000)

Los machos jóvenes deben alimentarse *ad libitum* hasta su entrada en actividad, también hacia las 17-18 semanas.

### **2.4. Machos**

Aunque a partir de los 5 meses la ingestión voluntaria en los machos disminuye de forma natural, es aconsejable someterles a restricción alimentaria, especialmente cuando pertenecen a líneas de elevado ritmo de crecimiento. Se trata de conseguir un menor peso adulto y con ello reducir el riesgo de mal de patas, pues no parece que la restricción alimentaria tenga efecto alguno sobre el ardor sexual o las características del semen (Luzi *et al.*, 1996).

### 3. Fabricación de piensos

Los piensos para conejos se distinguen notablemente de los empleados en aves y ganado porcino en lo que se refiere a las materias primas utilizadas. Destaca la elevada presencia de forrajes (alfalfa) y subproductos de cereales (salvado de trigo), así como el aprovechamiento de una amplia gama de subproductos agroindustriales fibrosos no utilizados en los otros monogástricos, entre los que cabe destacar las pulpas (remolacha, cítricos), los subproductos de la uva, las pajas y las cascarillas (soja, girasol). Por otro lado, se observa un bajo nivel de incorporación de cereales (cebada) y una moderada presencia de tortas de semillas oleaginosas (girasol, soja).

Para la molienda, es recomendable utilizar cribas de 2-4 mm, que dan lugar a tamaños de partícula que permiten tanto una adecuada motilidad intestinal como una buena calidad del gránulo. Debe tenerse presente que el tamaño de partícula también depende de otras características del molino (número de martillos y velocidad lineal en su extremo), así como de la materia prima en cuestión. En cualquier caso, conviene controlar la distribución de tamaños de partícula en el pienso, considerándose óptima cuando las partículas de menos de 0.5 mm, 0.5 a 1 mm, 1 a 1.5 mm y más de 1.5 mm representan respectivamente el 25, 40, 20 y 15 por 100 (Méndez *et al.*, 1998).

La granulación es un proceso de compactación por compresión. La mezcla es acondicionada previamente mediante la adición de vapor, para facilitar la granulación y aumentar la elasticidad del gránulo, que resulta menos friable. El grado de compresión está determinado por las características de la matriz granuladora (diámetro y longitud de las perforaciones). La granulación también se ve afectada por las características de la mezcla: tamaños de partícula excesivamente groseros, altos niveles de materias primas ricas en grasa o en fibra lignificada dificultan la granulación y merman la calidad del gránulo, mientras que la presencia de cereales, pulpa de remolacha, alfalfa y melazas tiene efectos favorables. En ocasiones conviene recurrir al empleo de aglomerantes (lignosulfonatos, gomas vegetales, bentonitas, sepiolitas).

Las principales características de calidad del gránulo son la durabilidad (resistencia a la formación de finos) y la dureza (resistencia al aplastamiento): un aumento de finos incrementa las pérdidas de pienso y la excesiva dureza da lugar a menor consumo y mayor desperdicio, ya que los animales llegan incluso a escarbar en el comedero (especialmente los más jóvenes). Se recomienda que los gránulos tengan un diámetro de 3.5-4.5 mm y una longitud de 7-9 mm, ya que gránulos mayores producen más pérdidas por caída durante la masticación.

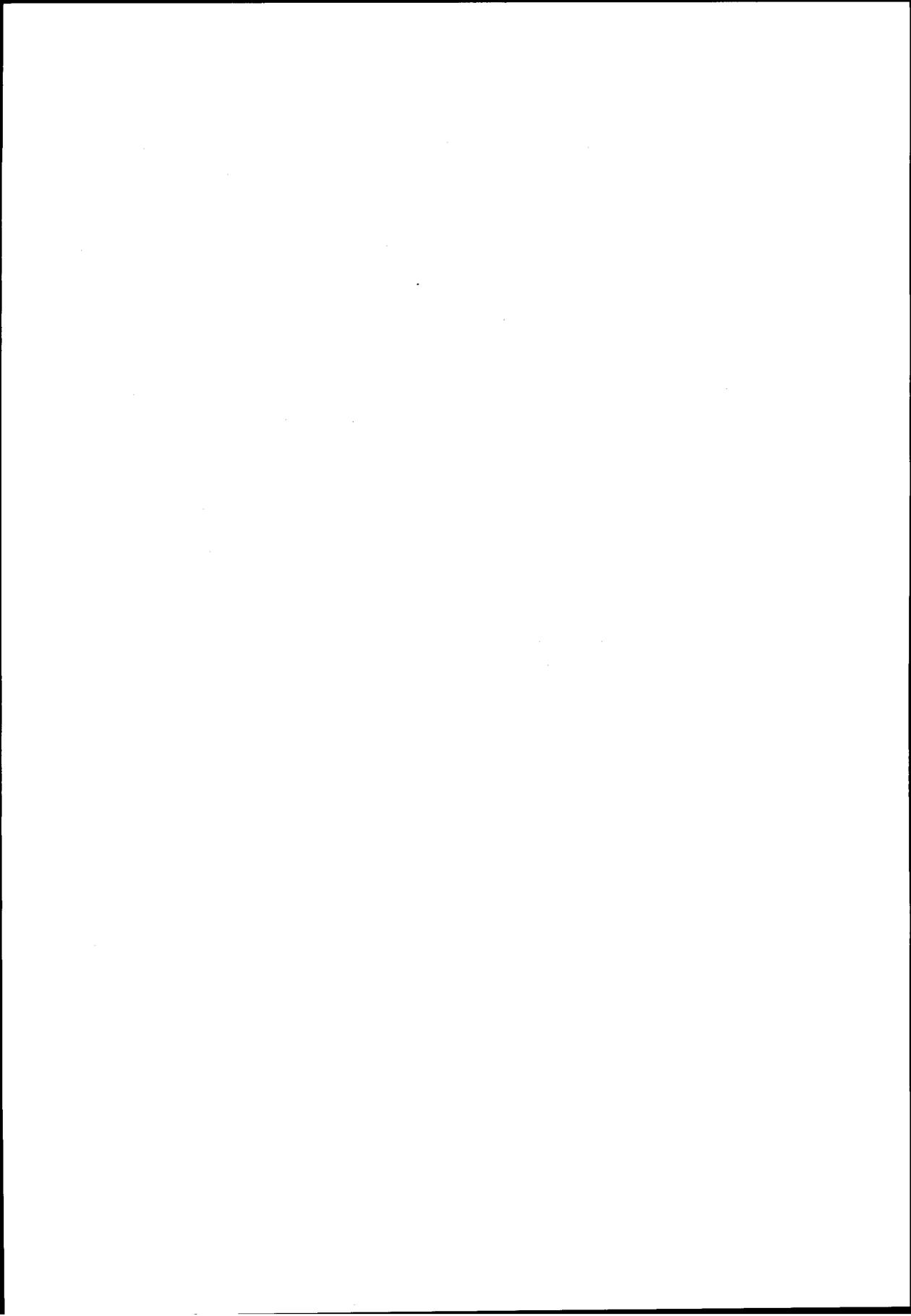
Por último, debe señalarse que las materias primas habitualmente empleadas y las características físicas que deben tener los gránulos conllevan que molienda y granulación tengan un menor rendimiento horario y por tanto un coste mayor que en los piensos para otras especies.

### **Principales fuentes consultadas**

- Castellini C., Battaglini M. 1991. Influenza della concentrazione energetica della razione e del ritmo riproduttivo sulle performance delle coniglie. En: *Proceedings IX Congresso Nazionale A.S.P.A., Roma*, vol. 1, pp. 477-488.
- Cervera C., Fernández-Carmona J., Viudes P., Blas E. 1993. Effect of remating interval and diet on the performance of female rabbits and their litters. *Animal Production* 56, 399-405.
- de Blas C. 1990. Alimentación de los gazapos en el periodo del destete en relación con la patología digestiva. *Mundo Ganadero* 10, 38-46.
- de Blas C., González-Mateos G. 1998. Feed formulation. En: *The Nutrition of the Rabbit*, ed. C. de Blas y J. Wiseman, CABI Publishing, Oxon (UK), pp. 241-253.
- 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. *Animal Feed Science and Technology* 52, 289-297.

- Fernández-Carmona J., Alquedra I., Cervera C., Pascual J.J. 2000. Utilización de alfalfa en conejas reproductoras. *III Conferencia de Fabricantes de Pienso del Mediterráneo, Reus* (poster).
- Fraga M.J., Lorente M., Carabaño R., de Blas C. 1989. Effect of diet and remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. *Animal Production* 48, 459-466.
- González-Mateos G., Piquer J. 1994. Diseño de programas alimenticios para conejos: aspectos teóricos y formulación práctica. *Boletín de Cunicultura* 76, 16-31.
- Lebas F. 1989. Besoins nutritionnels des lapins. Revue bibliographique et perspectives. *Cuni-Sciences* 5 (2), 1-28.
- Luzi F., Maertens L., Mijten P., Pizzi F. 1996. Effect of feeding level and dietary protein content on libido and semen characteristics of bucks. En: *Proceedings 6th World Rabbit Congress, Toulouse*, vol. 2, pp. 87-92.
- Maertens L. 1992. Rabbit nutrition and feeding. A review of some recent developments. *Journal of Applied Rabbit Research* 15, 889-913.
- Maertens L., Luzi F. 1996. Effect of dietary dilution on the performance and N-excretion of growing rabbits. En: *Proceedings 6th World Rabbit Congress, Toulouse*, vol. 1, pp. 237-241.
- Maertens L., Villamide M.J. 1998. Feeding systems for intensive production. En: *The Nutrition of the Rabbit*, ed. C. de Blas y J. Wiseman, CABI Publishing, Oxon (UK), pp. 255-271.
- Méndez J., Rial E., Santomá G. 1998. Feed manufacturing. En: *The Nutrition of the Rabbit*, ed. C. de Blas y J. Wiseman, CABI Publishing, Oxon (UK), pp. 215-239.
- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 1998. Effect of high fat diets on the performance and food intake of primiparous and multiparous rabbit does. *Animal Science* 66, 491-499.

- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 1999a. Effect of high fat diets on the performance, milk yield and milk composition of multiparous rabbit does. *Animal Science* 68, 151-162.
- Pascual J.J., Tolosa C., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J. 1999b. Effect of diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Animal Feed Science and Technology* 81, 105-117.
- Partridge G., Daniels Y., Fordyce R. 1986. The effects of energy intake during pregnancy in doe rabbits on pup birth weight, milk output and maternal body composition change in the ensuing lactation. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 107, 670-708.
- Sabater C., Tolosa C., Cervera C. 1993. Factores de variación de la curva de lactación de la coneja. *Archivos de Zootecnia* 42, 105-114.
- Xiccato G., Parigi Bini R., Dalla 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. *Animal Science* 61, 387-398.



**CAPÍTULO III**

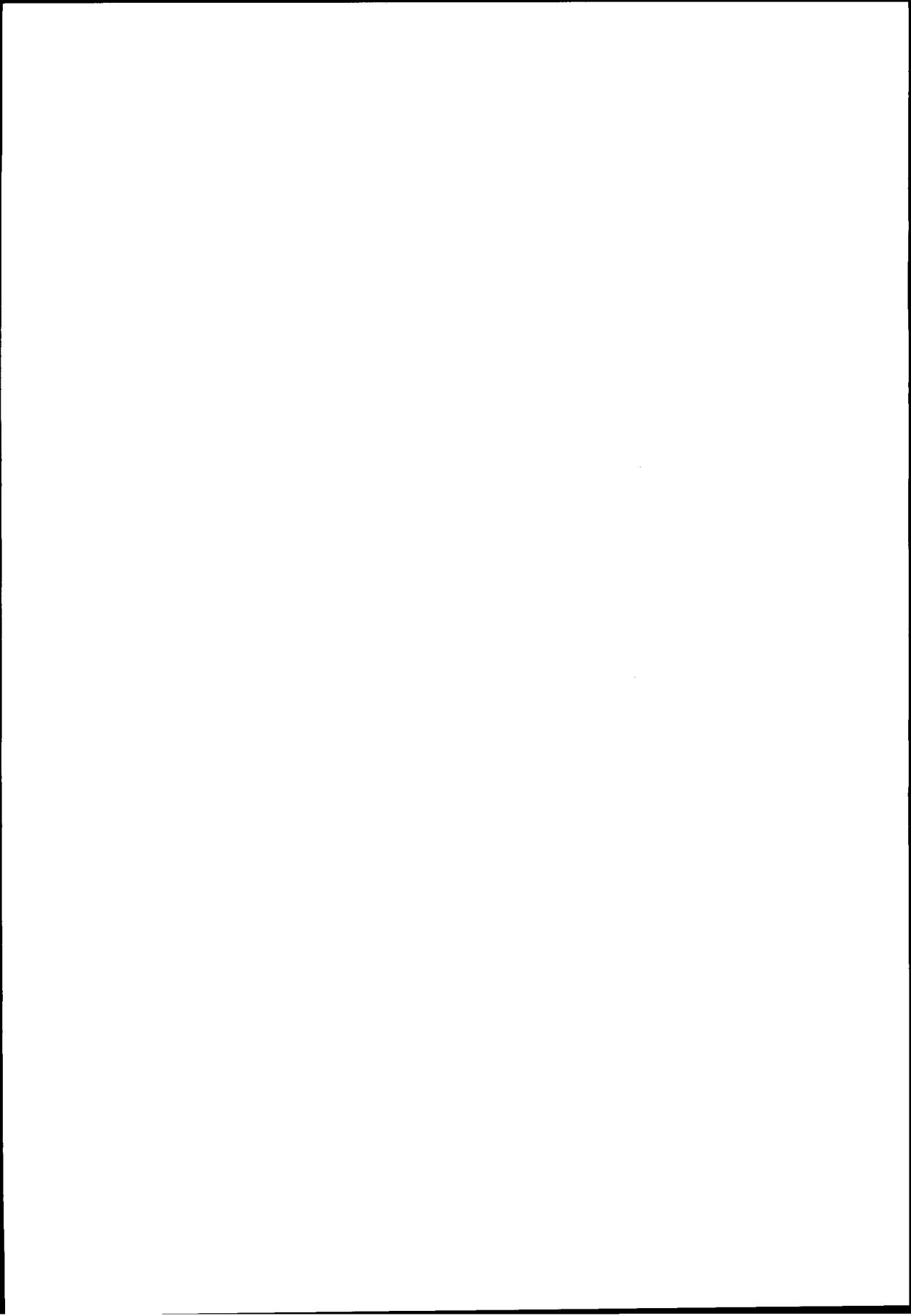
**TECNOLOGÍA DE LA  
REPRODUCCIÓN CUNÍCOLA**

Pilar Rebollar



# ÍNDICE

- 0. Introducción
  - 1. La aplicación de la Inseminación Artificial
    - 1.1. Los machos
    - 1.2. Las hembras
  - 2. Otras tecnológicas de posible aplicación
  - 3. Resumen y primeras conclusiones
- Principales fuentes consultadas



## 0. Introducción

El sistema reproductor de la coneja o de cualquier especie desempeña sus funciones correctamente cuando el resto de sistemas orgánicos realizan también el objetivo para el que están diseñados. Una hembra con un escaso desarrollo corporal, mal nutrida, parasitada, mal alojada y estresada, no responderá del mismo modo a la aplicación de una sencilla técnica de Inseminación Artificial (I.A.), cuando menos si se pretende instaurar técnicas aún más sofisticadas (fecundación **in vitro**, transferencia de embriones...). Llevamos décadas avanzando en el desarrollo de sistemas que mejoren el manejo de los animales, reduzcan la mano de obra, la transmisión de enfermedades, etc.

Con la Inseminación Artificial se han logrado algunos de estos objetivos e incluso con su aplicación se han introducido los nuevos manejos "en bandas", pero también se han hecho imprescindibles tratamientos hormonales que con la monta natural no eran necesarios. Por esto, cada vez más se tiende a no dejar atrás los beneficios obtenidos con la Inseminación Artificial combinándola con técnicas alternativas que eliminan los tratamientos hormonales para sincronizar el celo, como son la bioestimulación de las conejas lactantes, los agrupamientos en las conejas nulíparas, los cambios de jaula, etc. (Rebollar 1999).

## 1. La aplicación de la Inseminación Artificial

Cuando se aplica la Inseminación Artificial surgen a menudo algunas dudas en cuanto a:

### 1.1. Los Machos

En este apartado vamos a intentar contestar a las preguntas que consideramos claves, en el ámbito que aquí nos ocupa.

La primera pregunta clave aquí es: **¿Cuántas veces se puede recoger semen a un macho adulto?**

La producción espermática es muy variable entre machos y entre eyaculados del mismo macho. López y col. (1996a), han observado que el volumen, la concentración y el número de dosis seminales de un macho, disminuye considerablemente cuando se recogen 4 eyaculados el mismo día, mientras que dichos parámetros no se alteran cuando se recogen 2 eyaculados en 2 días seguidos. Teniendo en cuenta que un uso excesivo de los machos afecta a la productividad seminal se considera que 3 saltos a la semana permiten mantener buenos rendimientos tanto seminales como de fertilidad. De esta forma los machos reproductores están rutinariamente controlados y conocemos las evoluciones que pueden sufrir tanto en cantidad como en calidad espermática.

La segunda pregunta clave es: **¿Cuántos millones de espermatozoides por dosis?**

Según Castellini y Lattaioli (1999), las conejas no receptivas necesitan un mayor número de espermatozoides móviles por dosis que las conejas receptivas (13.1 millones frente a 11.1 millones), y por otro lado, Viudes de Castro y col. (1998), han conseguido tasas de fertilidad superiores al 60 por 100 con sólo 6 millones de espermatozoides por dosis (Cuadro 1). La pauta normal es la aplicación de más de **20 millones de espermatozoides por coneja**, pero, probablemente, la dosis adecuada depende del tipo de machos, raza, grado de selección, etc., características que, una vez determinadas, pueden llevar a un empleo más económico y práctico de los machos de una explotación.

Cuadro 1. Fertilidad al parto y prolificidad de conejas inseminadas con 6 millones de espermatozoides por dosis y previamente tratadas con 12-14 UI de PMSG en distintas granjas.

Granja	Nº de I.A.	Partos (%)	Nacidos vivos
A	8075	5703 (71) <sup>b</sup>	9,2 ± 0,09 <sup>a</sup>
B	5809	4066 (72) <sup>b</sup>	8,9 ± 0,10 <sup>b</sup>
C	1997	1471 (74) <sup>a</sup>	8,8 ± 0,12 <sup>b</sup>
D	1678	1096 (66) <sup>c</sup>	8,7 ± 0,13 <sup>b</sup>

Fuente: Viudes de Castro y col., 1998.

La tercera pregunta claves es: **¿Cuánto tiempo se puede conservar el semen?**

Los últimos diluyentes del mercado han mostrado una capacidad para el almacenamiento del semen que oscila entre las 24, 48 y 72 horas a 18°C. Viudes de Castro y col. (1999), consiguen porcentajes de fecundidad en multíparas lactantes del 80 por 100, con semen refrigerado a 16-18°C, durante 26 a 30 horas. López y Alvariño (1998), obtienen resultados similares con semen refrigerado durante 24 y 48 horas pero a partir de 72 y 96 horas observan un claro deterioro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fertilidad y prolificidad obtenida con semen fresco y refrigerado con MA-24 (Lab. Ovejero), durante 2, 24, 48, 72 y 96 horas. Las hembras eran multíparas en día 4 post-parto y habían recibido una dosis de 25 UI de PMSG.

	Tiempo de conservación del semen				
	2 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas
<b>Fecundidad (%)</b>	84.14	83.56	79.73	67.59	39.23
<b>Nacidos Totales</b>	8.92	8.48	8.02	7.04	5.58

Fuente: López y Alvariño, 1998.

En cuanto a la congelación los resultados van siendo más competitivos. En un principio la fecundidad de conejas inseminadas con semen congelado se situaba alrededor del 40 por 100 (Fargeas, 1995). Más adelante y según datos recogidos en 16 granjas de conejos en un periodo de 3 años (Bolis y col., 1997), se han conseguido resultados similares a los obtenidos con semen fresco (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de Fertilidad y Prolificidad en 16 granjas de conejos con semen fresco y congelado.

	Semen Fresco	Semen Congelado
<b>Fertilidad (2151 IA)</b>	76.1%	75.6%
<b>Nacidos vivos (1786 IA)</b>	8.5	8.0

Fuente: Bolis y col., 1997. ( ): Nº de inseminaciones realizadas.

La cuarta pregunta claves es: **¿La adición de sustancias al semen mejora los resultados?**

La mayoría de los trabajos que estudian el efecto de determinadas sustancias añadidas al semen se realizan *in vitro*, (prostaglandinas E, cafeína, AMPc, adrenalina...). En general con todas ellas y a concentraciones adecuadas se observa una mejoría de la motilidad espermática. Sin embargo, el incremento de motilidad no parece asociado a una mejoría de la fertilidad (López y Alvariño, 2000) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efectos sobre la fertilidad y prolificidad por la adición de diferentes concentraciones de cafeína a semen de conejo refrigerado durante 24 horas a 18°C.

	Cantidades de cafeína añadidas					
	0 mM/l	2,5 mM/l	5mM/l	10mM/l	50mM/l	100 mM/l
<b>Motilidad (0-10)</b>	3	3	3.8	4.2	8.1	7.9
<b>Fertilidad (%)</b>	82.9 <sub>A</sub>	79.6 <sub>A</sub>	82.9 <sub>A</sub>	81.6 <sub>A</sub>	64.1 <sub>A</sub>	50 <sub>B</sub>
<b>Nacidos vivos</b>	8.1 <sub>ab</sub>	7.9 <sub>ab</sub>	8.6 <sub>a</sub>	7.4 <sub>ab</sub>	7.6 <sub>ab</sub>	6.9 <sub>b</sub>

Fuente: (López y Alvariño, 2000). (A,B): $p < 0.0001$ ; (a,b): $p < 0.005$ .

La quinta pregunta clave es: **¿Es tan importante la valoración sistemática de la motilidad del semen?**

En principio la valoración de la motilidad del semen nos da una idea clara de la "vitalidad" del eyaculado, ya que basta esperar un tiempo para observar el deterioro de este parámetro si no se diluye el semen en un medio adecuado. Sin embargo López y Alvariño (2000), afirman que muchos espermatozoides que aparentemente están muertos sólo presentan un estado que puede ser reactivado una vez que son depositados en el tracto genital femenino, y con dosis seminales de baja motilidad se pueden obtener altas tasas de fertilidad (López y col., 1996a).

La sexta pregunta claves es: **¿Se pueden estandarizar los resultados?**

Del total de resultados publicados habría que tener en cuenta el tipo de tratamiento de sincronización de celo empleado, el número de inseminaciones realizadas, el ritmo de cubrición (35 ó 42 días), etc. En principio hay que hacer una distinción del tipo de coneja: nultípara, primípara, lactante y no lactante. Perrier y col. (1998), obtienen resulta-

dos similares utilizando conejas tratadas con PMSG (25UI) ya sea con semen fresco o refrigerado durante 72 horas (Galap, IMV), sin embargo la baja receptividad sexual de las conejas determinó tasas de fertilidad inferiores en ambos métodos de conservación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Fertilidad de conejas tratadas con 25 UI de PMSG e inseminadas en un ritmo de cubrición de 42 días con semen fresco o refrigerado durante 72 horas.

Tipo de coneja	Tiempo de conservación del semen a 18°C	
	<i>0 horas</i>	<i>72 horas</i>
<i>Receptivas</i>	94,4 (%)	96,6 (%)
<i>No receptivas</i>	25 (%)	33 (%)
<i>Media</i>	89,1 (%)	88,5 (%)

Fuente: Perrier y col., 1998.

Ya sea con semen congelado, refrigerado o fresco, no es lo mismo inseminar un tipo u otro de coneja y, en general, las conejas no lactantes responden mejor que las lactantes, las primíparas suelen dar problemas por déficits energéticos y la inseminación en nulíparas suele ser más eficaz. Theau-Clément y col. (1996), obtuvieron diferencias muy claras entre la fertilidad obtenida en conejas nulíparas y en primíparas lactantes, ambas inseminadas con semen congelado (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Fertilidad y Prolificidad en conejas nulíparas y primíparas lactantes inseminadas con semen congelado.**

Los resultados son diferentes estadísticamente en los dos grupos excepto en el peso al destete.

	<b>Nulíparas (n=381)</b>	<b>Primíparas Lactantes (n=144)</b>
<b>Fertilidad</b>	63.6%	35.7%
<b>Nacidos Totales</b>	8.89	10.63
<b>Nacidos Vivos</b>	8.13	9.64
<b>Destetados/camada</b>	7.54	9.03
<b>Peso al Destete</b>	590g	622g

Fuente: Theau-Clément y col., 1996.

## **1.2. Las hembras**

El objetivo en el estudio de la fisiología reproductora de la hembra pasa por conseguir que una coneja inseminada tenga más de 8 partos al año, 9 gazapos por parto y lleguemos a una productividad de 45-50 gazapos por jaula y año.

Al igual que en el caso de los machos, vamos a formular más preguntas claves. La primera es: **¿Qué ritmo de cubrición emplear: 35 ó 42 días?**

Estudios hormonales realizados en conejas lactantes (Ubilla y Rebollar, 1995), han demostrado que, tanto el día 1 como el día 8 post-parto, podrían ser los días más adecuados para la cubrición post-parto, porque coinciden con altas concentraciones de estradiol-17b y elevados índices de receptividad sexual.

Sin embargo, cuando se emplea la inseminación artificial, ya sea una vez a la semana, una vez cada tres semanas o una vez cada 42 días (banda única), los intervalos parto-cubrición son 4 y/o 11 días. En el primero de los dos intervalos, que podríamos llamar intensivo, el efec-

to negativo de la lactación es tan alto que cualquier tratamiento de sincronización de celo que lo disminuya (cierre del nidal durante un determinado periodo antes de la IA, administración de PMSG, agrupamiento de las conejas, etc.), es suficiente para mejorar claramente la fertilidad (Alvariño y col., 1998). La inseminación en día 11 post-parto suele presentar mejores resultados a pesar de que la producción láctea en ese momento está aumentando para llegar al “pico de lactación” alrededor del día 20 post-parto (Kustos y col., 1996).

En recientes trabajos realizados en el Dpto. de Producción Animal de la E.T.S.I. Agrónomos de Madrid (Cuadro 7), se ha observado que la tasa de ovocitación y de implantación embrionaria en conejas sometidas a biostimulación con cierre del nidal o sincronización con 25 UI de PMSG 48 horas antes de la inseminación artificial en día 11 post-parto, es similar entre sí y con respecto a un grupo control al que se les determinó la receptividad sexual por observación del color de vulva y se le administró suero fisiológico. Esto indica que cualquier manipulación ejercida sobre las conejas lactantes en el día 9 post-parto (sacarla de la jaula, cogerla, inyectarla...) produce en ella una alteración que mejora su receptividad sexual y en definitiva su fertilidad una vez que es inseminada en el día 11.

Cuadro 7. Parámetros reproductivos en conejas inseminadas en día 11 post-parto sometidas a diferentes tratamientos de sincronización de celo el día 9 post-parto.

Tratamiento	Cierre del nido desde el día 9 al 11 post-parto (n=14)	Conejas tratadas con PMSG (n=14)	Conejas tratadas con suero fisiológico
% conejas receptivas en día 9 p.p.	57.1	58.6	50
% conejas receptivas en día 11 p.p.	92.8	92.8	71.4
% conejas que ovularon	85.7	92.8	85.7
% conejas gestantes	64.3	78.6	71.4
n° de cuerpos lúteos	9.5 ± 0.5	11.7 ± 10	± 0.8
embriones	9.1 ● 11.3	± 8.8	± 1.4

Fuente: Elaboración propia.

**La segunda pregunta claves es: ¿Cómo influye el estado fisiológico de la hembra?**

El estado fisiológico de la coneja viene determinado en gran medida por la lactación siendo más acusado en las conejas de primer parto, en las cuáles Fortun-Lamothe (1998), afirma que el déficit energético producido por la síntesis de leche y el desarrollo fetal sería parcialmente responsable de los resultados negativos que se obtienen en este tipo de conejas. La ingesta voluntaria de comida que realizan las hembras, simultáneamente lactantes y gestantes, no suele ser suficiente, con lo que el crecimiento fetal es menor y la mortalidad embrionaria aumenta como queda reflejado en el cuadro 8 (Forthun-Lamothe y col., 1999).

**Cuadro 8. Efectos de la lactación y del número de gazapos lactantes durante la gestación en conejas primíparas.**

	Tipo de hembras		
	No Lactantes	Lactantes + 4 gazapos	Lactantes + 10 gazapos
<b>Nº de hembras</b>	52	27	50
<b>Peso vivo (g)</b>	4299 <sub>a</sub>	3943 <sub>b</sub>	3834 <sub>b</sub>
<b>Peso carcasa (g)</b>	2392 <sub>a</sub>	2117 <sub>b</sub>	2061 <sub>b</sub>
<b>Peso tejido adiposo (g)</b>	124 <sub>a</sub>	53 <sub>b</sub>	41 <sub>b</sub>
<b>Nº de cuerpos lúteos</b>	11.2	11.1	11.0
<b>Nº de fetos vivos</b>	9.2	8.4	8.3
<b>Nº de fetos muertos</b>	0.48 <sub>b</sub>	0.92 <sub>ab</sub>	1.36 <sub>a</sub>
<b>Mortalidad fetal (%)*</b>	4.9 <sub>b</sub>	9.9 <sub>ab</sub>	14.1 <sub>a</sub>
<b>Peso fetos (g)</b>	40 <sub>a</sub>	37.6 <sub>b</sub>	33.6 <sub>c</sub>

\*Mortalidad fetal=nº de fetos muertos x100/nº total de fetos.

Fuente: Forthun-Lamothe y col., 1999. a,b,c: p<0.001.

**La tercera pregunta claves es: ¿Son efectivos los tratamientos hormonales?**

De todos los tratamientos hormonales aplicados para la sincronización del celo la administración de PMSG es el más extendido y a su vez estudiado. Las dosis empleadas oscilan desde 8 UI a 40 UI por coneja, administradas 48 horas antes de la inseminación artificial (Theau-Clément y Lebas 1996a; Theau-Clément y col, 1998; Maertens y Luzi 1995, etc). En muchas ocasiones se ha desestimado su empleo por la alta respuesta inmune que plantea en las conejas tratadas de manera repetida; sin embargo, también es cierto que esta respuesta inmune se presenta en un porcentaje altamente variable de las conejas tratadas (Cuadro 9).

A esto hay que añadir que en numerosas ocasiones la fertilidad no está directamente afectada por la presencia de anticuerpos, e incluso se observa cierto incremento en el peso de la camada al destete, aunque según Theau-Clément y col. (1998), la mortalidad al nacimiento aumenta en las conejas tratadas con 25 UI. Su empleo es efectivo sobre todo en conejas lactantes, pasando a ser injustificada en el caso de conejas nulíparas o no lactantes (Theau-Clément y col., 1996a).

**Cuadro 9. Porcentaje de conejas que presentan anticuerpos anti-PMSG tras tratamientos repetidos y distintas dosis según diferentes autores.**

	<b>Dosis de PMSG</b>	<i>Nº de Inyecciones</i>	<b>Conejas con anticuerpos</b>
Canali y col., 1994	40 UI	6	55 %
Boiti y col., 1995	20 UI	7	84 %
Lebas y col., 1996	25 UI	6 a 9	30.6 %
Theau-Clément y col., 1998	25 UI	9	17 %
Theau-Clément y col., 1998	8 UI	11	15 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la bibliografía.

La cuarta pregunta clave a contestar en: **¿Hay métodos alternativos a los hormonales?**

En los últimos años se están aplicando tratamientos alternativos no hormonales para sincronizar el celo en las conejas que van a ser inseminadas (Rebollar 1999a). En conejas lactantes se ha practicado la separación hembra-camada durante un intervalo de tiempo no superior a 48 horas, obteniéndose muy buenos resultados sobre todo en día 4 post-parto (Alvariño y col., 1998). También se han estudiado métodos de manejo como es el cambio de jaula o agrupamientos de las conejas que van a ser inseminadas horas o días previos a la inseminación (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de resultados de fertilidad y peso al destete empleando métodos de sincronización de celo: hormonales, de manejo y/o bioestimulación según diferentes autores.

Autor	Método	Día IA	Fertilidad (%)	Peso destete (g)
Castellini y col., (1998)	Cierre del nido 24 h (3 días antes de la IA)		66.8	640
	Testigo	día 11 post-parto	59.9	615
Maertens (1998)	PMSG 20 UI		76.7 ab	668 a
	Testigo	día 11 post-parto	66.9 a	670 a
Luzi y Crimella (1998)	Cierre del nido 40h antes de la IA		78.0 b	623 b
	Cambio de jaula 48 h antes de la IA		66.7 b	
	PMSG 20 UI 72 h antes de la IA	día 11 post-parto	76.9 a	—
Alvariño y col., (1998)	Testigo		66.2 b	
	Cierre nido 24 h*		47.4 d	
	Cierre nido 36h*	día 4 post-parto	64.2 c	
	Cierre nido 48 h*		79.8 ab	—
	PMSG 20 UI 48 h* *antes de la IA		81.8 a	
Alvariño y col., (1998)	Testigo		74.9 b	
	Cierre nido 24 h*	día 11 post-parto	75.1 bc	736
	Cierre nido 36h*		78.6 b	700
	Cierre nido 48 h*		85.6 a	663
	PMSG 20 UI 48 h* *antes de la IA		81.6 ab	668
Bonanno y col., (1999)	Cambio de jaula 48h antes de la IA (1)	Monta natural en día 11 post-parto	70.0 ab	651 ab
	Cierre de nido 44h (2)		75.0 ab	631 ab
	(1)+(2)		60.0 a	613 a
Theau-Clément y col. (1999)	Cierre de nido 24 h		94.9 a	559 a
	Testigo	día 11 post-parto	82.3 b	593 b

Fuente: Elaboración propia a partir de la bibliografía.

La viabilidad de la camada no se ve alterada y sólo se observa cierta reducción del peso de los gazapos al destete. Según diferentes autores la "bioestimulación" aumenta la receptividad sexual, la fertilidad y la prolificidad consiguiéndose resultados similares a los de conejas tratadas con 20 UI de PMSG. Estos métodos ofrecen una alternativa a los tratamientos hormonales pero todavía es necesario confirmarlos a gran escala para determinar los efectos que se pueden presentar a largo plazo (mastitis, contagio de enfermedades, etc.).

## **2. Otras tecnologías de posible aplicación**

### **¿Hay otras tecnologías que se podrían aplicar más allá de la Inseminación artificial en el ámbito de la reproducción cunícola?**

Los estudios de fecundación *in vitro* y transferencia de embriones están muy avanzados y cada vez se obtienen resultados más competitivos. Consisten en primer lugar en la obtención de los ovocitos de conejas previamente superovocitadas (con dosis muy altas de PMSG o con FSH + GnRH ó LH) y que son elegidas normalmente por su calidad genética. Los ovocitos resultantes (alrededor de 72 horas más tarde) se ponen en contacto con espermatozoides que han sido también capacitados *in vitro* en medios de cultivo adecuados (M199 + suero fetal bovino + EDTA+ piruvato), llegando así a la obtención de zigotos que en un estado de 2 a 4 células son transferidos a conejas llamadas "recipientes". Las tasas de fecundación suelen ser similares a las de fecundación *in vivo* pero el número de nacidos vivos es significativamente más bajo., es decir hay una alta mortalidad embrionaria (Zeng y col., 1999).

En otras ocasiones se recogen los embriones directamente de las conejas a las que se ha inseminado o cubierto previamente. Para ello se han descrito diferentes métodos de recogida (Spinelli 1999): con sección de los cuernos uterinos o mediante lavados que hacen pasar un medio líquido (250cc) que arrastrará con él a los embriones. En este medio se observarán los embriones al microscopio.

La eficacia de estos métodos se mide contando el número de cuerpos lúteos en el ovario y comparándolos con el número de embriones recogidos.

Los métodos más avanzados de recogida de embriones para evitar el sacrificio de las conejas, utilizan catéteres transcervicales junto a endoscopios de fibra óptica. Con este material Kidder y col. (1999) obtuvieron 187 embriones a partir de 8 hembras superovuladas después de 78-89 horas de la inyección de LH. Un total de 116 embriones fueron transferidos a 10 conejas "receptoras" sincronizadas de las que 8 quedaron gestantes pero sólo produjeron un tamaño de camada medio de 2.88 gazapos. La congelación de embriones y su almacenamiento se puede realizar con el objeto de crear bancos de embriones como medio para conservar la diversidad genética de una determinada población. De este modo, Joly y col., (1998), consiguieron 40 gazapos vivos de cada 100 embriones descongelados y transferidos a conejas receptoras. En esta línea de investigación se siguen ampliando estudios comparando diferentes medios de conservación, diferentes tiempos en el proceso de congelación y distintas sustancias crioprotectoras como el glicerol, la sucrosa, etc, obteniéndose tasas de supervivencia embrionaria tras la congelación del orden del 60% y del 80% para embriones producidos *in vitro* e *in vivo* respectivamente (Mrkun 1999).

### **3. Resumen y primeras conclusiones**

En resumen se podría decir que las líneas de investigación actualmente en marcha, para conseguir mejores rendimientos reproductivos en la coneja doméstica, se encaminan hacia los siguientes apartados:

- a. Mejorar la eficacia de cada dosis seminal, reduciendo la concentración de espermatozoides necesarios para obtener buenas tasas de fertilidad.
- b. Mejorar aún más los resultados de la inseminación con semen congelado.

- c. Disminuir los tratamientos hormonales para conseguir carnes no tratadas aplicando nuevos métodos de bioestimulación eficaces sobre todo en las hembras lactantes y sobre todo en primíparas.
- d. Estandarizar los métodos de superovulación, congelación y transferencia de embriones y fecundación in vitro.

### **Principales fuentes consultadas**

- Alvariño J.M.R., del Arco J.A., Bueno A. (1998). Effect of mother-litter separation on reproductive performance of lactating rabbit females inseminated on day 4 or 11 post-partum. *World Rabbit Science*, **6**, 191-194.
- Boiti C., Castellini C., Canali C., Zampini D. (1995). Long term effect of PMSG on rabbit does reproductive performance. *World Rabbit Science*, **3**, 51-56.
- Bolis S., Castrovilli C., Gottardi L. (1998). Use of deep-frozen rabbit semen in artificial insemination trials. *Rivista di Coniglicoltura*, **35**: 6, 30-32.
- Bonanno A., Alabiso M., Di Grigoli A., Alicata M.L. (1999). Effect of change of cage and/or 44h mother-litter separation on productivity of non-receptive lactating rabbit does. Preliminary investigation. *World Rabbit Science*, **7**, 107-111.
- Canali C., Boiti C., Zampini D., Castellini C., Battaglini M. (1991). Correlazione tra fertilità e titolo anticorpale anti-PMSG di coniglie trattate ripetutamente con gonadotropine nel corso della loro carriera riproduttiva. *IX Congresso Nazionale ASPA*, 671-678.
- Castellini C., Canali C. Boiti C. (1998). Effect of mother-litter separation for 24 hours, by closing the nestbox or change of cage, on rabbit doe reproduction performance. *World Rabbit Science*, **6**, 199-203.
- Castellini C., Lattaioli P. (1999). Effect of number of motile sperms inseminated on reproductive performance of rabbit does. *Animal Reproduction Science*, **57**: 1-2, 111-120.

- Fargeas L. (1995). Some results of artificial insemination with frozen semen. *Cuniculture Paris*, **123**, 103-106.
- Forthun-Lamothe L. (1998). Effets de la lactation, du bilan énergétique et du rythme de reproduction sur les performances de reproduction chez la lapine primipare. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole, Francia, (Lyon)*, 257-260.
- Forthun-Lamothe L., Prunier A., Bolet G. Lebas F. (1999). Physiological mechanisms involved in the effects of concurrent pregnancy and lactation on foetal growth and mortality in the rabbit. *Livestock Production Science*, **60**, 229-241.
- Kidder J.D., Roberts P.J., Simkin M.E., Foote R.H., Richmond M.E. (1999). Nonsurgical collection and nonsurgical transfer of preimplantation embryos in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and domestic ferret (*Mustela putorius furo*). *Journal of Reproduction and Fertility*, **116: 2**, 235-242.
- Kustos K., Szendro Zs., Csapo J. Biro H., Radnai I., Biro-Nemeth E., Balint A. (1996). Effect of lactation stage and pregnancy status on milk composition. In: *6th World Rabbit Congress, Toulouse*, **2**, 187-190.
- Joly T., Rochambeau H de, Renard J.P., de Rochambeau H. (1998). Cryobanking of embryos to preserve *ex situ* rabbit genetic resources: practical aspects. *Genetics, Selection, Evolution*, **30**: Supplement, S259-S269.
- Lebas F., Theau-Clément M., Remy B., Drion P., Beckers J.F. (1996). Production of anti-PMSG antibodies and its relation to the productivity of rabbit does. *World Rabbit Science*, **4**, 57-62.
- López F.J., Alvariño J.M.R., del Arco J.A., Delgado F., Sanz C. (1996a). Effect of male rabbit management on semen production. In: *6th World Rabbit Congress, Toulouse*, 83-85.
- López F.J., Alvariño J.M.R., del Arco J.A., Delgado F., Ramiro J.L. (1996). Effect of cooling temperature on 24 hours stored semen for artificial insemination of rabbits. In: *6th World Rabbit Congress, Toulouse*, 79-81.

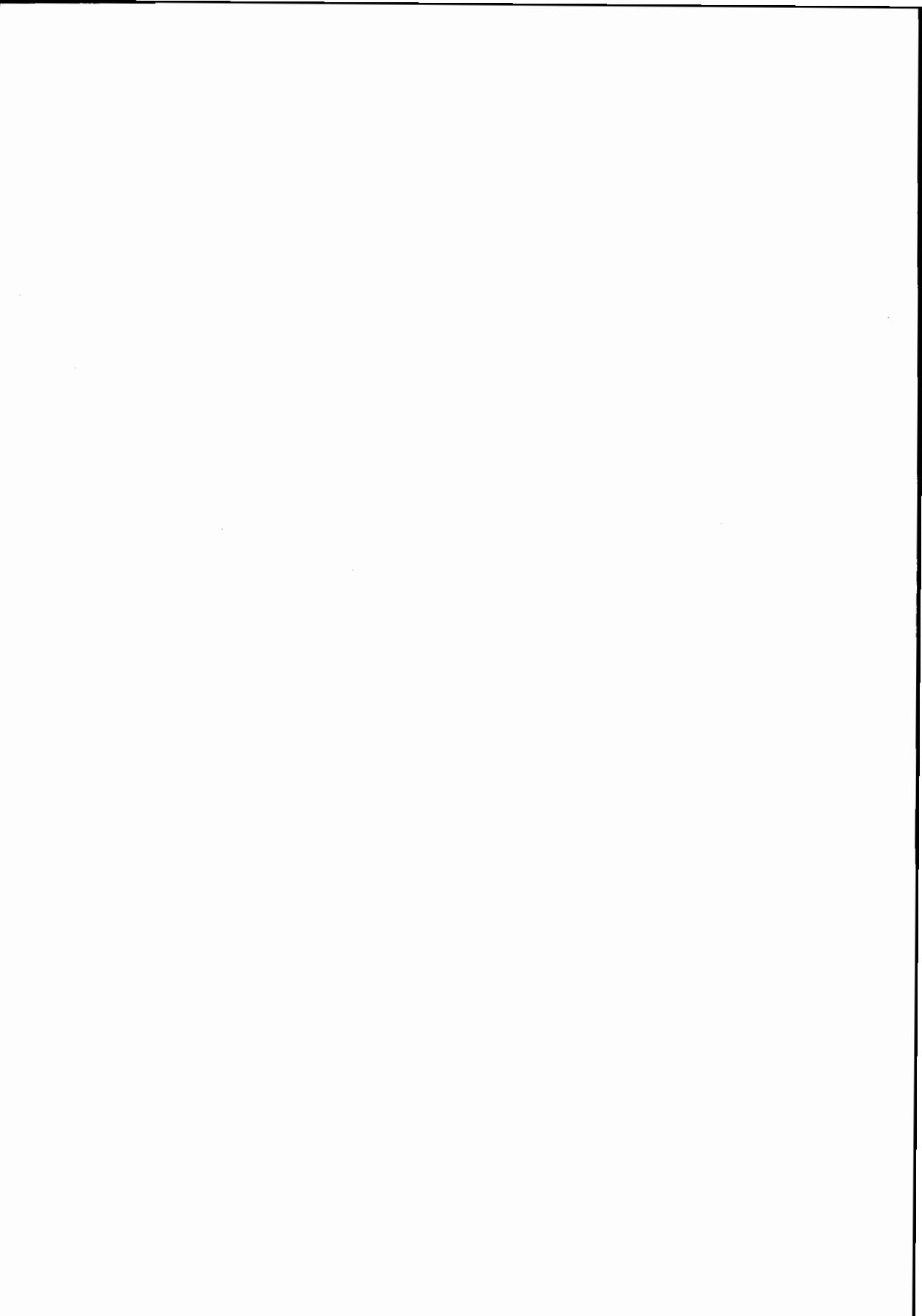
- López F.J. y Alvariño J.M.R. (1998). Artificial insemination of rabbits with diluted semen stored up to 96 hours. *World Rabbit Science*, **6**: 2, 251-253.
- López F.J. y Alvariño J.M.R. (2000). Effects of added caffeine on results following artificial insemination with fresh and refrigerated rabbit semen. *Animal Reproduction Science*, **58**, 147-154.
- Luzi F., Crimella C. (1998). Effect of change of cage 2 days before artificial insemination on reproductive performance of rabbit does. *World Rabbit Science*, **6**, 195-198.
- Maertens L., Luzi F. (1995). Note concerning the effect of PMSG stimulation on the mortality rate at birth and the distribution of litter size in artificially inseminated does. *World Rabbit Science*, **3**, 57-61.
- Maertens L. (1998). Effect of flushing, mother-litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performance of their litter. *World Rabbit Science*, **6**, 185-190.
- MrKun J. (1999). Comparison of the freezability of *in vivo* and *in vitro* matured rabbit embryos using different equilibration times and in different cryoprotectants. *Vetrinarske Novice*, **25**:4, 159-160
- Perrier G., Theau-Clément M, Poujardieu B., Delhomme G. (1998). Essai de conservation de la semence de lapin pendant 72 heures. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole, Francia, (Lyon)*, 237-240.
- Rebollar P.G. (1999). Últimos avances en la reproducción del conejo. *XXIV Symposium de Cunicultura, Villamalea (Albacete)*, 19-26.
- Rebollar P.G. (1999a). El aparato reproductor de la coneja y su ciclo hormonal. Sincronización y bioestimulación. *Jornadas profesionales de cunicultura, "Especial Reproducción y Patología entérica"*, Sitges, 5.1-5.6.
- Spinelli J. (1999). Comparación de tres métodos quirúrgicos para la obtención de embriones de conejo. *Veterinaria-Argentina*, **16**, 344-346.

- Theau-Clément M., Poujardieu B., Tartie V., Bencheikh N. and Mercier P. (1996). Use of frozen semen for artificial insemination. *Cuniculture Paris*. No. 131, 222-226.
- Theau-Clément M. y Lebas F. (1996a). Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science*, 4, 47-56.
- Theau-Clément M., Lebas F., Drion P. Beckers J.F. (1998). Evolution de la production d'anticorps anti-PMSG en fonction de la dose et du nombre d'injections: relation avec la productivité des lapines. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole, Francia, (Lyon)*, 225-228.
- Theau-Clément M., Poujardieu B., Mercier P. (1999). Influence d'une séparation mère-jeunes, pendant les 24 heures précédant l'insemination, sur les performances de reproduction des lapines et la croissance des lapereaux. *8èmes Journées de la Recherche Cunicole, Francia, (Paris)*, 163-166.
- Ubilla E. y Rebollar P.G. (1995). Influence of the post-partum day on plasma estradiol-17b levels, sexual behaviour, and conception rate, in artificially inseminated lactating rabbits. *Animal Reproduction Science*, 38, 337-344.
- Viudes de Castro M.P., Vicente J.S., Lavara R., Lavara F. (1998). Efficacité de l'insémination artificielle avec un faible nombre de spermatozoïdes dans des élevages commerciaux. *7èmes Journées de la Recherche Cunicole, Francia, (Lyon)*, 241-243.
- Viudes de Castro M.P., Vicente J.S., Lavara R. (1999). Effects of conservation time and number of rabbit spermatozoa on fertility. *Annales Zootechniques*, 48, 407-412.
- Zeng SM, Zhu S.E., Wang Y.S., Chen X.J. Zhang Z.C. Chen Y.F. (1999) An efficient method for in vitro fertilization in rabbits. *Animal Biotechnonology*, 10, (1-2), 15-23.

## CAPÍTULO IV

# **SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE CAMADA EN CONEJO: POSIBILIDADES DE SELECCIÓN POR HIPERPROLIFICIDAD**

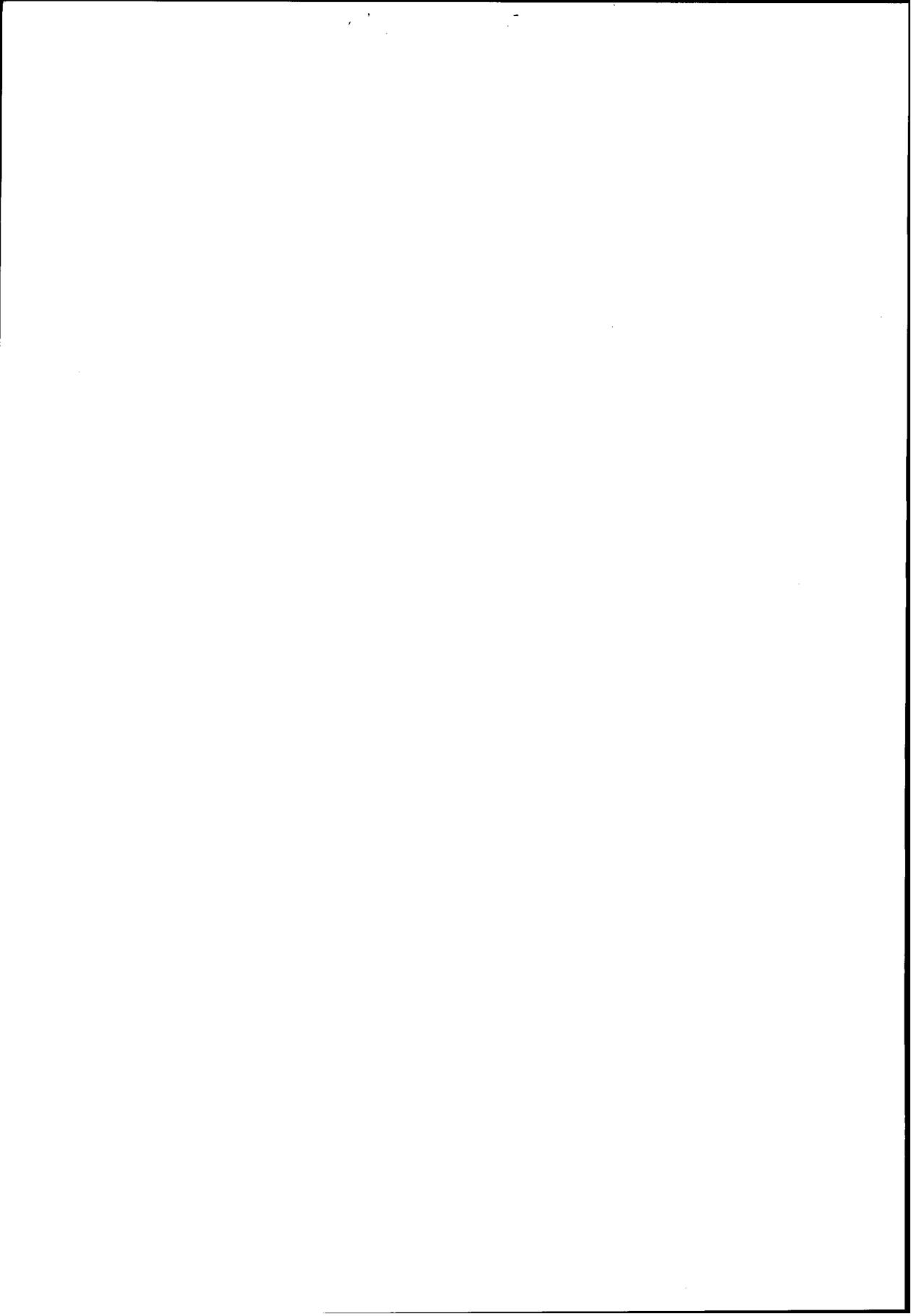
Manuel Baselga



## ÍNDICE

0. Introducción
1. La mejora genética del conejo de producción de carne
2. La selección del tamaño de camada
3. La selección del tamaño de camada, basada e la detección de hembras hiperprolíficas
  - 3.1. Fundamento teórico
  - 3.2. Resultados experimentales
4. La selección del tamaño de camada en conejo, utilizado hembras hiperprolicas
  - 4.1. Detección y explotación de hiperprolificidad
  - 4.2. Esquema de constitución de la línea H
  - 4.3. Evaluación de la líneas
  - 4.4. Conclusiones
5. Resumen y primeras conclusiones

Principales fuentes consultadas



## **0. Introducción**

A lo largo del presente capítulo se va a efectuar un análisis de las posibilidades que se ofrecen, en el caso del conejo destinado a la producción de carne la selección por hiperprolificidad.

En nuestro análisis vamos a partir de la hipótesis de que se sigue un esquema de cruzamiento de tres vías. En este marco es muy importante revisar las experiencias de selección de las líneas maternas en función del tamaño de las camadas.

A continuación se van a revisar, como ya se ha indicado, las posibilidades que ofrece la alternativa de selección por hiperprolificidad. En este análisis se va a discutir el fundamento técnico de este método y los resultados conseguidos en el caso del ganado porcino.

Por último se va a describir y analizar la única experiencia existente, hasta la actualidad, de la selección por hiperprolificidad en conejos.

Sin duda, este es un campo que ofrece un elevado interés en el mundo cunícola.

### **1. La mejora genética del conejo de producción de carne**

La mejora genética del conejo de producción de carne se orienta considerando dos tipos de animales, que resultan básicos en esta producción. El primero de ellos es la hembra a la que se le va a exigir regularidad en la sucesión de sus partos y tamaños de camada elevados hasta el momento del destete. El segundo de ellos son los gazapos producidos por las hembras anteriores de los que se espera que sean capa-

ces de crecer con rapidez, aprovechar eficientemente el alimento y tener razonables cualidades de canal y carne. El interés económico de estos caracteres desde un punto de vista de la selección genética, en un contexto de cría intensiva, ha sido analizado por Armero y Blasco (1992).

El modo de conseguir la hembra referida es recurrir al cruzamiento entre dos **líneas maternas** especializadas en los caracteres mencionados, esencialmente seleccionadas por el tamaño de camada al nacimiento o al destete. La inclusión conjunta de caracteres reproductivos y de crecimiento en el desarrollo de líneas ha sido poco frecuente y la razón fundamental radica en la conveniencia de que la **hembra cruzada** no tenga un formato excesivo lo que elevaría los costes de mantenimiento y dificultaría su adaptación al suelo de rejilla de las jaulas. Recientemente, Poujardieu *et al.* (1998) han modificado la selección de una de sus líneas maternas, considerando además del tamaño de camada, el peso de los gazapos al destete, como forma de evitar el deterioro de este carácter que se observa en algunas líneas maternas y que en opinión de los autores citados, tendría consecuencias negativas no solo sobre la supervivencia de los gazapos, sino incluso sobre el peso adulto, de tal manera que éste se vería reducido, llegando a comprometer la capacidad de las hembras para soportar la producción regular de camadas de gran tamaño.

La selección de las líneas maternas con las que se va a obtener la hembra cruzada ha seguido mayoritariamente una metodología de selección intralínea y no un procedimiento como la selección recíproca recurrente, pese a ser éste un procedimiento específico para esta situación. No obstante el que no se haya demostrado con claridad la superioridad de la selección recíproca recurrente sobre la selección intralínea, las mayores dificultades de su puesta en práctica, las pequeñas respuestas iniciales esperables y la falta de flexibilidad, justifican la elección mayoritaria de la selección intralínea, no solo en conejos, sino también en otras especies prolíficas como cerdos e incluso aves.

La solución elegida para que los gazapos crezcan rápida y eficientemente, ha sido el apareamiento de las hembras cruzadas con

machos de **líneas paternas**, líneas que se suelen seleccionar por el crecimiento diario post-destete (Rochambeau *et al.*, 1989; Estany *et al.*, 1992) con el objetivo de mejorar dicho carácter y fundamentalmente el índice de conversión de pienso en carne. Este procedimiento, con metodologías de selección sencillas como la selección individual está dando buenos resultados en los caracteres anteriores y el consumo diario, pero con algunas consecuencias negativas en la madurez de los animales al peso de sacrificio comercial y en el rendimiento a la canal (Torres *et al.*, 1992; Feki *et al.*, 1996; Pla, 1996; Gómez *et al.*, 1998).

## 2. La selección del tamaño de camada

La primera propuesta metodológica de seleccionar líneas en conejo para mejorar el tamaño de camada al nacimiento o al destete es la de Matheron y Rouvier (1977), que desarrollaron un índice que utilizaba información de la hembra a evaluar de su madre y de un número fijo de hermanas y medio hermanas. Posteriormente, Baselga *et al.* (1984) extendieron el índice anterior a la situación general de disponer de una cantidad variable de información lo que permitía, además, valorar machos. En 1983, empezó a utilizarse el método BLUP, con un modelo animal de repetibilidad, que valoraba tanto machos como hembras, considerando todos los datos y los efectos fijos del año-estación y del estado de las hembras (Estany *et al.*, 1989). A través de cualquiera de los métodos que valoran machos y hembras la selección por tamaño de camada se ha realizado dejando, como reproductores de la generación siguiente, los descendientes de los mejores apareamientos. Los resultados obtenidos al aplicar los métodos anteriores en la selección de diversas líneas de conejos, en programas de larga duración son muy inferiores a los calculados por Matheron y Rouvier (1977), del orden de la tercera parte de la que se esperaba, pese a que en los cálculos se suponía una heredabilidad de 0.05 para el tamaño de camada. Los resultados a que nos referimos en el párrafo anterior son los que corresponden a las líneas maternas desarrolladas por el INRA (Francia) y por el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia (España). El análisis de las diecisiete primeras

generaciones de las líneas del INRA (Poujardieu *et al.*, 1998) y él de las once y ocho generaciones de las dos líneas de Valencia (Baselga *et al.*, 1992) daban estimas de la respuesta por generación, entre 0.125 y 0.03 gazapos/camada.

Los intentos de explicar estos resultados han esgrimido diversos razones; entre ellas, la baja heredabilidad del tamaño de la camada al destete, con lo que ya se contaba en los cálculos iniciales; el antagonismo entre efectos directos y maternos que puede tener un efecto apreciable en la respuesta (Gómez, 1994), pese a que los efectos maternos no sean cuantitativamente importantes (Ferraz *et al.*, 1992; Gómez, 1994); la heterogeneidad del determinismo genético entre partos (Gómez *et al.*, 1994); el incremento de la consanguinidad, los bajos diferenciales de selección aplicados y la deriva genética (Rouvier, 1991).

Otros experimentos de selección de tamaño de camada con resultados similares a los descritos anteriormente, pero de menor duración son los referidos por Gómez *et al.* (1996), que continúa realizándose en el IRTA (España); y por Narayan y Rawat (1985) y Narayan *et al.* (1985) que tuvo lugar en la India .

El único experimento que ha dado una respuesta apreciable es el analizado por Mgheni y Christensen (1985) realizado en Tanzania, con una duración de cuatro generaciones y diferenciales de selección elevados sobre datos de primer parto. La respuesta por generación fue alrededor de 0.40 gazapos/camada y las heredabilidades realizadas alrededor de 0.25. Esta experiencia fue una experiencia de selección divergente con línea control, siendo el tamaño de cada línea alrededor de 40 hembras y 20 machos por generación. Los animales eran Neozelandés Blanco, procedentes de una población con baja prolificidad, 6.7 gazapos.

En porcino, los resultados comunes han sido similares a los descritos en conejo y se han caracterizado por su nula o escasa respuesta (Vangen, 1981; Bolet *et al.* 1989), aunque si se ha obtenido en una línea inicialmente seleccionada por tasa de ovulación y posteriormente seleccionada por tamaño de camada durante ocho generaciones (Lamberson *et al.*, 1991).

En ratón los resultados son mejores que los obtenidos en conejo y cerdo, pero siguen siendo ligeramente inferiores a lo esperado (Nielsen, 1994).

Alternativas a la selección directa del tamaño de camada, que han intentado obtener respuestas mayores en este carácter han sido las que han seleccionado por sus componentes, tasa de ovulación y supervivencia fetal y las que han operado sobre la capacidad uterina. Experiencias del primer tipo existen en cerdos y en ratones.

En cerdos una experiencia de selección de la tasa de ovulación, prolongada durante nueve generaciones (Cunningham *et al.*, 1979), no dio respuestas significativas en tamaño de camada, pero después de dos generaciones sin realizar selección y ocho de selección por tamaño de camada si se consiguió respuesta en ésta, tal como hemos comentado anteriormente (Lamberson *et al.*, 1991). La respuesta respecto a la línea control fue de .74 lechones en tamaño de camada y una pérdida de 2.86 óvulos en la tasa de ovulación. En Francia se ha realizado un experimento de cuatro generaciones, implicando tres líneas de 50 hembras y 6 verracos (Bidanel *et al.*, 1996). Una línea fue la control, otra se seleccionó por tasa de ovulación y la tercera por supervivencia prenatal media en las dos primeras camadas, corregida por tasa de ovulación. En ningún caso se obtuvo respuesta en tamaño de camada. Casey *et al.* (1994) informan de una experiencia de selección en que obtienen una respuesta de 0.11 lechones da tamaño de camada al nacimiento por generación en una línea seleccionada por un índice que combinaba la tasa de ovulación y la supervivencia. La experiencia se prolongó durante diez generaciones, y la respuesta en tamaño de camada no fue significativa en las cinco primeras generaciones.

En ratón las experiencias similares han puesto en evidencia que la selección por tasa de ovulación no ha mejorado la prolificidad debido a un incremento de la mortalidad prenatal (Land y Falconer, 1969; Bradford, 1979). Por el contrario la selección por supervivencia prenatal si ha sido eficaz en mejorar el tamaño de camada, tanto cuando se utilizaba como criterio único de selección (Bradford, 1979) como cuando se combinaba en un índice con la tasa de ovulación (Kirby y

Nielsen, 1993; Clutter *et al.*, 1994). No obstante los resultados eran similares o inferiores a la selección directa por tamaño de camada.

Por lo que se refiere a la selección por capacidad uterina, existen experimentos en conejos y ratones, ovariectomizados unilateralmente como forma de sobrecargar el cuerno ipsilateral y poder así evaluar la capacidad uterina.

En conejos, uno de los dos experimentos era una experiencia de selección divergente en que conejas ovariectomizadas se seleccionaban por el número de fetos muertos entre la implantación y el parto de la segunda gestación (Bolet *et al.*, 1994). Tras tres generaciones de selección, no se obtuvo respuesta, ni en el carácter objeto de selección, ni en el tamaño de camada al nacimiento, que era el carácter que medía la capacidad uterina en las hembras ovariectomizadas. El segundo de los experimentos es también de selección divergente, pero el carácter que se selecciona es el tamaño de camada al nacimiento medida en hembras unilateralmente ovariectomizadas, registrado durante diversos partos (Argente *et al.*, 1996b; Santacreu *et al.*, 1996). Tras siete generaciones, la divergencia entre ambas líneas ha sido de un gazapo a favor de la línea alta, que se logró prácticamente en la primera generación. Esta diferencia se mantiene en hembras intactas y la componente que la explica es el número de embriones implantados, probablemente debido a diferencias en el ambiente uterino preimplantatorio entre las dos líneas.

En el experimento de ratones se seleccionaron hembras ovariectomizadas por su tamaño de camada y, tras trece generaciones, la línea seleccionada aventajaba a la línea control en 0.8 ratones (Nielsen, 1994) y ello parecía deberse a una mejor supervivencia prenatal en la línea seleccionada (Clutter *et al.*, 1994). La diferencia entre ambas líneas, tras veintiuna generaciones de selección, se elevó a 1.7 ratones.

Resumiendo, los resultados de los procedimientos indirectos de seleccionar el tamaño de camada, ninguno de los descritos, como la selección por tasa de ovulación, por supervivencia prenatal o capacidad uterina muestran una superioridad clara sobre la selección directa. Cuando ha habido respuesta correlacionada en tamaño de camada,

raramente ha sido superior a 0.1 gazapo, lechón o ratón por camada y generación, siendo frecuente respuesta inferiores, e incluso nulas.

Los experimentos que hemos descrito, referidos a la selección directa por el tamaño de camada, se han realizado siempre con líneas o poblaciones de animales que se tenían cerradas reproductivamente a lo largo de las generaciones, manteniendo el tamaño de la población o línea. La consecuencia de ello es que las presiones de selección aplicables no eran muy intensas y solían oscilar entre .2 y .50. La alternativa de intensificar fuertemente la presión de selección exige la práctica de la selección en poblaciones de mucho mayor censo y, si se practica cíclicamente, hay que pasar por generaciones de multiplicación de los individuos seleccionados para que reconstituyan las poblaciones a los tamaños originales.

Cuando la selección se aplica sobre el tamaño de camada y las hembras se seleccionan con presiones de selección del orden del 5% o inferiores se está seleccionando por hiperprolificidad. Este método ha sido y está siendo practicado con bastante frecuencia en cerdos, en general con éxito. No son raras las compañías de mejora genética porcina que tienen líneas que llaman **hiperprolíficas**, porque han sido desarrolladas con un criterio de selección de hiperprolificidad, semejante a lo que hemos descrito anteriormente. En lo que sigue nos vamos a centrar en esta alternativa de selección del tamaño de camada.

### **3. La selección del tamaño de camada, basada en la detección de hembras hiperprolíficas**

#### **3.1. Fundamento teórico**

Es bien sabido que la respuesta esperada por unidad de tiempo en un programa de selección es función del intervalo generacional, de la intensidad de la selección, y de la precisión de la evaluación genética de los candidatos a la selección. La base de la selección por hiperprolificidad es utilizar como criterio el tamaño de camada, aplicar presiones de selección sumamente intensas en grandes poblaciones, de tal

manera que únicamente se seleccionan hembras de prolificidad extremadamente elevada. Según los casos, estas hembras pueden tener una superioridad genética aditiva del orden de 1.2 gazapos-lechones camada o más, respecto a la media de las hembras de la gran población en la que se ha efectuado la selección, lo cual es una superioridad muy elevada.

Dos aspectos problemáticos de esta selección son:

- a. Que el valor genético de las hijas de las hembras hiperprolíficas es el promedio del valor de éstas y del valor de los machos padres. Inicialmente este punto es importante, pues los machos tendrán un valor próximo a la media de la población base. La solución de este problema exige la detección sucesiva de grupos de hembras hiperprolíficas en la población base, que se van apareando a machos que van siendo para las primeras, machos promedio de la población base; para las segundas, hijos de las primeras; para las terceras, hijos de las segundas y nietos de las primeras y así sucesivamente. Procediendo del modo indicado, los hijos del primer grupo de hembras mantendrían la mitad de la superioridad de sus madres, los del segundo grupo tres cuartos y los del tercer grupo siete octavos. Es decir, si al primer apareamiento de hembras hiperprolíficas, siguen dos retrocruzamientos de este tipo de hembras a hijos del apareamiento anterior, se mantendría en su descendencia una superioridad de 1.05 gazapos/camada, sobre la población original si la superioridad de las hembras hiperprolíficas era de 1.2. El conjunto de selección sucesiva de hembras hiperprolíficas y su retrocruzamiento a los hijos del grupo anterior, forman la **fase de selección de un ciclo de selección por hiperprolificidad**.
- b. Que tras la conclusión de la parte de selección de un ciclo, los descendientes del último retrocruzamiento componen una población numéricamente muy inferior a la población original. Por tanto la realización de un nuevo ciclo de selección por hiperprolificidad, exigiría **la multiplicación** de los descen-

dientes durante varias generaciones, hasta sustituir completamente la población original. En esta nueva población, se iniciaría un nuevo ciclo de selección, que procediendo del modo anterior acumularía otros 1.05 gazapos/camada, sobre los conseguidos en el primer ciclo.

Analizando lo anterior, se observa que un ciclo completo de selección hiperprolífica requiere al menos de cinco-seis generaciones y que la fase de multiplicación para substituir la población base original puede ser difícil o imposible de realizar, salvo en los raros casos en que la reproducción de la población base está totalmente controlada por la organización que desarrolla el programa de selección por hiperproliferidad. Cuando esto no es así, la idea de selección por hiperproliferidad, puede ser útil para crear líneas de pequeño tamaño, de tipo maternal, aprovechando la respuesta que se obtiene en **la fase de selección**. Ello exige, dos, tres o cuatro generaciones, dependiendo del número de retrocruzamientos y la respuesta, puede ser mayor de 0.3 gazapos/camada por generación. La nueva línea maternal, así fundada deberá seguir siendo seleccionada, por un procedimiento distinto del de su fundación, dependiente de los objetivos de selección que queramos mantener, pero necesariamente a realizar en el contexto de tamaños poblacionales medios o pequeños y presiones de selección poco intensas.

### **3.2. Resultados experimentales**

En porcino hay varias experiencias de selección por hiperproliferidad y en conejo una (Cifre, 1997) que en parte ha sido inducida por los resultados obtenidos en porcino y por la disponibilidad de técnicas reproductivas que como la congelación y la transferencia de embriones resultan prácticamente imprescindibles en muchas situaciones de aplicación en el conejo (García-Ximénez *et al.*, 1996; Vicente y García-Ximénez, 1993a y b).

A continuación resumiremos los resultados en porcino y en un apartado diferente detallaremos la experiencia del conejo.

La experiencia más antigua y mejor documentada es la que se inició en 1973 bajo la dirección del INRA (Francia) y su concepción está descrita por Legault y Gruand (1976). El procedimiento se basó en la detección de hembras de prolificidad excepcional en rebaños de la raza Large White y aparearlas inicialmente con machos de las poblaciones de partida y posteriormente a machos nacidos de los apareamientos anteriores, tal como hemos explicado en el apartado anterior. Apoyándose en el programa nacional de gestión técnica de explotaciones porcinas, pudo aplicarse una muy intensa presión de selección en la detección de hembras de elevada prolificidad; del orden del 0.2-0.3%. El criterio sobre el que se basaba la selección, era el índice de hembra, que se obtenía teniendo en cuenta todos los partos que una hembra había realizado, corrigiendo el efecto rebaño con el método de la comparación de contemporáneas.. El valor de la línea hiperprolífica francesa se ha confirmado en diversos estudios. En el correspondiente a Bidanel y Ducos (1994) ,en el que se hace una evaluación genética del tamaño de camada en las razas Landrace Y Large White francesas mediante un Blup modelo animal y repetibilidad, se muestra que las hijas de machos Large White de la línea hiperprolífica son superiores respecto a las hembras contemporáneas, hijas de otros machos de la raza. La superioridad se estimó en 0.6-0.7 lechones por camada. Esta diferencia, entre las medias de los valores aditivos predichos para ambos grupos, correspondería a la mitad de la superioridad de la línea sobre la población general de la raza, que sería de 1.2-1.4 lechones/camada.

Resultados de naturaleza similar, aunque con diverso grado de comprobación, se han obtenido en los trabajos de Bichard y Seidel (1982), Sorensen y Vernersen (1991) y Noguera *et al.*(1994). En el primero de ellos, realizado por la Pig Improvement Company (PIC) se aplicó una presión de selección de 1.7% para elegir las hembras prolíficas en un conjunto de 3600 cerdas Landrace y Large White, en base a la media de nacidos vivos en los cuatro primeros partos, realizándose dos retrocruzamientos. La superioridad que se obtuvo en la F1 del cruzamiento de las líneas hiperprolíficas, frente a la F1 de las líneas de partida, osciló entre 0.55 y 0.96 lechones/camada, aumentando del pri-

mer al cuarto parto. En la segunda experiencia, realizada en Dinamarca, se seleccionaban hembras y machos de las 150 y 30 mejores camadas de un total de 5392, en la raza Large White, siendo el método de valoración, un método Blup, modelo animal y repetibilidad. El carácter de selección, era el total de nacidos y la respuesta esperada era alrededor de 0.80 lechones/parto. La respuesta obtenida se ha estimado en torno a 0.60. En el tercero de los experimentos, realizado en España, la selección de los animales fundadores de la línea hiperprolífica se hizo, como en el caso Danés, utilizando el Blup, modelo animal y repetibilidad, para el carácter nacidos vivos, en la raza Landrace. Las hembras eran las mejores 160 de 2935 y los machos se obtuvieron de las 25 mejores camadas de 961. La respuesta esperada era de 0.35-0.41 lechones/parto, habiéndose observado una diferencia de 0.54 lechones entre la línea hiperprolífica y la control (Noguera *et al.*, 1997). Estas diferencias eran nulas para el primer parto y alcanzaban valores superiores en partos sucesivos.

La conclusión general, es que en todas las experiencias de selección por hiperprolificidad ha habido respuesta apreciable y que la utilización de esta alternativa se está enfocando a la fundación de líneas maternas. Así, el programa francés se ha ampliado con la fundación de nuevas poblaciones hiperprolíficas en Large White y Landrace.

#### **4. La selección del tamaño de camada en conejo, utilizado hembras hiperprolicas**

En conejo, únicamente hay resultados de una experiencia (Cifre, 1997) de utilización de hembras hiperprolíficas para la fundación de una nueva línea maternal, cuyo destino final es el integrarse en un esquema de cruzamiento, para obtener hembras cruzadas. Esta experiencia se desarrolló en el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia. En lo que sigue se van a detallar las peculiaridades metodológicas y los resultados de ella. En lo que concierne a metodología, en contraste con las experiencias en cerdo, las características de explotación y organización de los conejos, han exigido soluciones específicas.

#### 4.1. Detección y explotación de la hiperprolificidad

En conejo no es posible tener acceso a grandes poblaciones de animales de una raza determinada, con controles genealógicos y de producción individualizada, y que sigan un proceso de selección definido, de tal manera que sus animales sean competitivos en la producción actual. Por contra, las grandes poblaciones a las que se puede acceder para aplicar presiones de selección muy intensas, son las poblaciones de las granjas de producción, que se caracterizan por ser genéticamente muy heterogéneas y el control individual se limita a los datos relacionados con los partos de las hembras. Es posible conocer, por parto, el número de nacidos totales o, al menos, de nacidos vivos de las hembras existentes en una granja. En razón de lo que acabamos de comentar, la detección de hembras hiperprolíficas tuvo que realizarse con criterios más sencillos y menos precisos que los que se han indicado en las experiencias del porcino. Así, se consideró a una coneja como hiperprolífica (HH), cuando cumplía uno o ambos de los dos criterios siguientes:

- a. Tener 17 o más nacidos vivos en algún parto, que es lo que llamamos **criterio puntual**.
- b. Tener un número de nacidos vivos acumulado para el conjunto de partos conocidos, igual o superior a los umbrales indicados en el cuadro 1 que es lo que llamamos **criterio acumulado**.

Cuadro 1. Umbrales por parto del criterio acumulado de hiperprolificidad.

NP <sup>1</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NV <sub>ac</sub> <sup>1</sup>	16	28	41	53	66	78	90	102	115	127	139

<sup>1</sup>NP: número de partos NV<sub>ac</sub>: nacidos vivos acumulados

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la bibliografía.

El criterio acumulado se ha calculado para detectar el 1 por 100 de las mejores hembras, dentro de grupo de número de partos realizados, bajo la hipótesis de que la media de las poblaciones comerciales era de 9 nacidos vivos, siendo 7 la varianza fenotípica del carácter y 0.2 la repetibilidad.

Por lo que se refiere a la utilización de las hembras hiperprolíficas pueden aparecer problemas de orden sanitario, de espacio y de tiempo. Los problemas de orden sanitario se derivan del hecho de juntar en un mismo local animales procedentes de muy diversas procedencias. El problema se puede resolver reuniendo, poco a poco, los animales en un pequeño local en el que se realizan los apareamientos y la descendencia se obtiene por histerectomía o en forma de embriones vitrificados (García-Ximénez *et al.*, 1996). El primer método es útil si los animales van a ser utilizados inmediatamente. El segundo es necesario, cuando además de los problemas sanitarios es necesario demorar el momento en que la descendencia alcance el estado adulto, bien porque no se disponga de espacio para su correcto alojamiento, bien porque sea necesario esperar a que, por ejemplo se tenga un número suficiente de descendientes de hembras HH y se desee que toda la descendencia se coetánea.

#### **4.2. Esquema de constitución de la línea H**

Tal como se ha advertido en el apartado del **fundamento teórico** la fundación de la línea se realizó a través de la **fase de selección de un ciclo de selección por hiperprolificidad**. A su vez la fase de selección se compuso de dos etapas de recogida de hembras HH, es decir, únicamente se realizó un retrocruzamiento. Seguidamente detallamos las dos etapas.

Cuadro 2. Número de animales y eficiencia<sup>1</sup> en la primera etapa de fundación de la línea H.

Tipo de animal	Disponibles	Apareados	Con hijos sHH
<b>Machos V</b>	16	9	9
<b>Hembras HH</b>	32	28 (87.5)	20 (71.4)

<sup>1</sup> Eficiencia: Expresada en % (en paréntesis) y referida al número de hembras HH de un paso, respecto al anterior.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la bibliografía.

#### 4.2.1. Primera etapa

En ella se recogieron un pequeño grupo de hembras vacías HH (32) que se aparearon a los machos de la línea V (16), con mejor predicción del valor aditivo para el tamaño de camada al destete, existentes en cinco núcleos de selección de esta línea. Se eligió esta opción, frente a recoger hembras HH gestantes, pues de este modo aumentábamos el valor genético de los hijos descendientes de esta primera recogida de hembras HH. A estos machos les llamaremos sHH, fueron gestados en un pequeño local de cuarentena (20 jaulas), obtenidos por histerectomía y criados hasta la edad adulta en la granja del Departamento de Ciencia Animal. La tabla 2 muestra la eficiencia de los diferentes pasos de esta etapa.

#### 4.2.2. Segunda etapa

En ella el número de hembras HH recogidas fue sensiblemente mayor que en la primera etapa. Fueron 136 hembras procedentes de 28 granjas, que poco a poco se alojaban en el mismo local de cuarentena de la primera etapa, al cual se iban trasladando, conforme resultaban necesarios, machos sHH (47) que se apareaban con las hembras HH. El tercer día post-monta se sacrificaban las hembras, se recuperaban los embriones y se vitrificaban. Así, se resolvían los problemas sanitarios; los de coetaneidad de estos animales, pues la detección y disponibilidad de hembras HH era lenta; y los problemas de disponibilidad de espacio

de la granja del Departamento de Ciencia Animal. En definitiva se lograron vitrificar, 1068 embriones procedentes de 103 hembras HH.

Posteriormente se procedió a su descongelación y transferencia a hembras V, en la granja del Departamento, consiguiéndose que 474 animales alcanzasen la edad de 9 semanas, de los que 103 hembras y 71 machos se mantuvieron en la granja constituyendo la generación fundadora de la línea H (H0). El resto de animales se distribuyó en tres granjas comerciales con el objeto de evaluar la productividad de la línea H. En el cuadro 3 nos muestra la eficiencia en esta etapa, en lo que concierne a las hembras HH y el cuadro 4 respecto a embriones y descendencia.

Cuadro 3. Número de hembras HH y eficiencia<sup>1</sup> en su uso durante la segunda etapa de la fundación de la línea H.

Disponibles	Con embriones vitrificados	Con embriones descongelados	Con descendencia nacida viva	Con descendencia a 9 semanas
136	103 (75.7)	100 (97.1)	94 (94)	87 (92.5)

<sup>1</sup> Eficiencia :expresada en % (en paréntesis) de un paso respecto al anterior

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la bibliografía.

Cuadro 4. Número<sup>1</sup> de embriones y descendencia obtenida en la segunda etapa de la fundación de la línea H.

	Embr. normales	Embr. vitrificados	Nacidos totales	Nacidos vivos	Nº de destetados	Nº a 9 semanas
<b>nº</b>	1102	1068 (97) <sup>2</sup>	550 (50)	519 (47)	494(45)	474(43)
<b>m</b>	10.8	10.5	5.9	5.6	5.3	5.0
<b>sd</b>	3.6	3.3	3.2	3.2	3.1	3.0

<sup>1</sup> Número total obtenido(nº), media por parto (m) y desviación típica(sd)

<sup>2</sup> Entre paréntesis porcentaje de eficiencia del paso correspondiente, respecto al total de embriones normales.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la bibliografía.

### 4.3. Evaluación de la línea

Debido a la heterogeneidad de la población de selección de las hembras HH, no era sencillo plantear una comparación de la línea H con una muestra representativa de aquella población. Dado que el objetivo era fundar una línea capaz de competir con las líneas existentes, se optó por compararla con animales de la línea V y con hembras cruzadas AxV. Estos dos tipos de animales se caracterizan por tener una prolificidad elevada, superior a la media de la población comercial de la que se seleccionaron las hembras HH (Rafel *et al*, 1996).

La comparación se extendió, además de la generación H0, a la primera generación (H1) y a la segunda (H2), con el fin de considerar los eventuales efectos de heterosis de la H0, que de existir irían perdiendo importancia en las generaciones siguientes, H1 y H2. De la generación H0, se pasó a las siguientes sin selección, procurando en ellas la máxima representación de los animales H0. El cuadro 5 muestra la distribución de tipo de animales y granjas implicadas en la comparación.

Cuadro 5. Distribución de hembras en la evaluación de la línea H.

Tipo de animal	Granja <sup>1</sup>				
	Total	U	P	O	J
V	237	199	-	-	38
AxV	115	-	54	61	-
H0	156	89	24	24	19
H1	220	129	31	31	29
H2	130	130	-	-	-
<b>Total</b>	<b>858</b>	<b>547</b>	<b>109</b>	<b>116</b>	<b>86</b>

<sup>1</sup> Granja: U-granja del Departamento-, J- núcleo de selección de la línea V-, P y O-granjas comerciales-.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la bibliografía.

#### 4.3.1. Caracteres estudiados

En todas las granjas se controló para cada hembra y parto la fecha de éste, lo que permitía calcular el intervalo entre partos (**IP**); el número de nacidos totales (**NT**) y el número de nacidos vivos (**NV**), en las primeras veinticuatro horas después del parto, y a los veintiocho días se registraba el número de gazapos destetados (**ND**).

En la granja U se midieron además los siguientes caracteres:

- a. Número de animales que llegan al final del período de engorde (**NS**).
- b. Eso total de la camada al nacimiento(en gr.) en el momento de controlara el parto y referido sólo a los nacidos vivos (**PTCN**).
- c. Número de gazapos a los 21 días (**N21**) en hembras H1, H2 y V.
- d. Peso de la camada a 21 días de vida (en gr. **PTC21**), también en H1, H2 y V.

Los caracteres hasta aquí referidos son, esencialmente, caracteres reproductivos y de capacidad maternal de las hembras que son cruciales para caracterizar una línea maternal. De forma complementaria también se controlaron, en la granja U, algunos caracteres de crecimiento de la descendencia como el peso al destete (28 días, en gr., **PD**), el peso al sacrificio (63 días, en gr., **PS**) y la ganancia diaria (en gr./día, **GD**).

Los detalles de los modelos de análisis de estos caracteres puede verse en Cifre *et al.*(1998 a y b) y en esencia se utilizaron modelos mixtos en los que uno de los efectos fijos era el tipo de animal, **T** ( V, AxV, H0, H1 y H2). En los efectos aleatorios se consideró el efecto aditivo del animal, **a** y, para los caracteres reproductivos el efecto permanente no aditivo de la hembra, **p**; mientras que para los caracteres de crecimiento, se consideró el efecto camada de nacimiento, **c**.

El cuadro 6 muestra el número total de datos analizados para cada carácter.

<b>T</b>	<b>NT<sup>1</sup></b>	<b>IP</b>	<b>NS</b>	<b>PTCN</b>	<b>N21<sup>2</sup></b>	<b>PD</b>	<b>PS, GD</b>
<b>V</b>	796	568	653	634	368	5370	5058
<b>AxV</b>	576	460	-	-	-	-	-
<b>H0</b>	547	389	294	291	-	2532	2245
<b>H1</b>	750	527	369	364	356	3119	2957
<b>H2</b>	171	48	171	171	167	1498	1419
<b>Total</b>	2840	1992	1487	1460	891	12519	11679

<sup>1</sup> Los mismos datos para NV y ND

<sup>2</sup> Los mismos datos para PTC21

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la bibliografía.

### 4.3.2 Resultados

#### 4.3.2.1. Caracteres reproductivos

Una presentación completa de estos resultados, relativa a todos los caracteres reproductivos y a los distintos efectos considerados en los modelos, puede encontrarse en Cifre *et al.* (1998a y b). Aquí nos limitaremos a exponer únicamente los resultados concernientes al tipo de animal. Primeramente, para dar una idea de los niveles productivos de este experimento, mostramos en la tabla 7 las medias y desviaciones típicas de los datos, obtenidas en un análisis descriptivo sin considerar ningún tipo de modelo explicativo.

Cuadro 7. Medias (m) y desviaciones típicas (sd) de nacidos totales (NT), vivos (NV), número de gazapos a los 21 días (N21), destetados (ND) y número a los 63 días (NS) por camada e intervalo entre partos (IP).

Carácter	NT	NV	N21	ND	NS	IP
m	10.36	9.56	8.48	8.11	7.87	46.5
sd	2.90	3.41	2.95	3.03	2.97	10.03

Fuente: Bibliografía referenciada.

En el cuadro 8 se muestran los contrastes entre los distintos tipos de animales para los caracteres reproductivos. Los contrastes entre la generación 0 de la línea H y el promedio de las generaciones 1 y 2 sólo son significativos para NT, lo que es un indicador de que la heterosis no ha sido importante en la determinación de los rendimientos reproductivos de la generación 0, salvo para el número de nacidos totales por camada. La superioridad de la línea H frente al promedio de la línea V y las hembras cruzadas AxV fue significativa para todos los caracteres de tamaño de camada para los que se realizó la comparación y en nacidos vivos la superioridad fue de 0.67 gazapos. La respuesta esperada respecto a la media de las poblaciones comerciales de las que se obtuvieron las hembras HH, suponiendo que todas estas hembras hubiesen cumplido el criterio de selección acumulado, era de 0.84 nacidos vivos, despreciando la posible mejora conseguida por el uso de los mejores machos de la línea V en la primera etapa fundacional (García-Ximénez *et al.*, 1996). Considerando que la población comercial, en su conjunto, debe de tener una media inferior a la media de la línea V y de las hembras cruzadas, el resultado anterior nos indica que la realización de la **fase de selección de un ciclo de selección por hiperprolificidad**, compuesta por un primer cruzamiento y un único retrocruzamiento ha conseguido una mejora importante de la prolificidad respecto a la población comercial.

Cuadro 8. Contrastes entre tipo<sup>a</sup> de animales y orden de parto<sup>b</sup> para nacidos totales (NT), vivos (NV), número de gazapos a los 21 días (N21), destetados (ND) y número a los 63 días (NS) por camada e intervalo entre partos (IP).

Contraste	NT	NV	N21	ND	NS	IP
<b>H0 - (H1+H2)/2</b>	0.77*	0.37	-	-0.05	-0.49	1.70
<b>H0 - H1</b>	1.05*	0.75*	-	0.17	-0.52	0.27
<b>H0 - H2</b>	0.48	0.00	-	-0.27	-0.46	3.12
<b>H1 - H2</b>	-0.57	-0.74	0.30	-0.44	0.06	2.85
<b>H - V</b>	0.48*	0.58*	0.84*	0.48*	0.46	-1.06
<b>H - AxV</b>	0.82*	0.76*	-	0.54	-	-0.27
<b>H - (V+AxV)/2</b>	0.65*	0.67*	-	0.51*	-	-0.67
<b>H<sup>1</sup> - V<sup>1</sup></b>	0.64*	-0.04	-0.18	-0.53	-0.64	-
<b>H<sup>2</sup> - V<sup>2</sup></b>	0.23	0.23	0.15	0.18	0.10	-3.13*
<b>H<sup>3</sup> - V<sup>3</sup></b>	0.74*	0.93*	0.98*	0.80*	0.48	0.24
<b>H<sup>4</sup> - V<sup>4</sup></b>	0.98*	1.22*	3.03*	1.40*	1.80*	0.43
<b>H<sup>1</sup> - AxV<sup>1</sup></b>	0.98*	1.33*	-	0.78	-	-
<b>H<sup>2</sup> - AxV<sup>2</sup></b>	0.71	0.38	-	0.75	-	-0.32
<b>H<sup>3</sup> - AxV<sup>3</sup></b>	0.71*	0.58	-	0.15	-	1.41
<b>H<sup>4</sup> - AxV<sup>4</sup></b>	1.13*	0.76	-	0.43	-	-1.20

<sup>a</sup> Tipo de animal: V línea V; H0, H1 y H2, línea H y generaciones 0, 1 y 2; AxV, hembra cruzada

<sup>b</sup> Los superíndices indican el parto considerado: 1, primero; 2, segundo; 3, tercero y cuarto, 4, quinto y siguientes. La ausencia de superíndice indica la totalidad de partos. \*Contraste estadísticamente significativo p < 0.05.

Fuente: Bibliografía referenciada.

El análisis del intervalo entre partos en nuestro experimento tiene el interés de poder descartar la posibilidad de que la elevada prolificidad conseguida en la línea H, lo hubiese sido a costa de un incremento del intervalo entre partos. El valor fenotípico medio (Tabla 7) fue de 46.5 días para el conjunto de todos los animales, lo que supone un promedio de 7.8 partos por coneja y año. Si se tiene en cuenta que el ritmo reproductivo practicado en este experimento fue el de cubrir 10-12 días post-parto, resulta que el intervalo obtenido supera únicamente en 4.5 días al mínimo posible con el ritmo practicado. En España el intervalo medio dado por los programas de gestión (Ramón *et al* , 1996) es de 51 días, lo que evidencia que los animales de la experiencia, no sólo tuvieron una buena prolificidad, sino también una excelente fertilidad. Al comparar el intervalo entre partos entre los distintos tipos de animales (cuadro 8) no se encontraron diferencias significativas, prácticamente en ninguno de los contrastes realizados. Únicamente se observó una diferencia importante y significativa de -3.13 días a favor de las hembras H frente a las V en el segundo parto. En consecuencia los resultados nos indican que la mejora de la prolificidad alcanzada en la línea H se ha conseguido sin deteriorar la fertilidad.

#### 4.3.2.2. Caracteres ponderales de las camadas

En el conejo, como en otras especies múltiparas, se ha observado un mayor peso de la camada al nacimiento, cuando aumenta el tamaño de ésta. (Khalil *et al.*, 1987). A pesar de ello el peso individual de los gazapos al nacimiento se ve penalizado con el aumento del tamaño de camada al nacimiento, como ha sido observado por diversos autores( Breuer y Clausen, 1977; Vicente *et al.*, 1995) y en experiencias de selección del tamaño de camada de larga duración (Poujardieu *et al*, 1998). Argente *et al.*(1996a) obtuvieron una correlación negativa entre el tamaño de camada y el peso individual de los gazapos al nacimiento, si bien en sus líneas este carácter no parece ser crítico en la supervivencia de los gazapos dada su reducida correlación con la supervivencia. Pese a todo resulta interesante estudiar si la línea H de elevada prolificidad presenta problemas de peso al nacimiento y de producción de leche que pudieran comprometer la viabilidad de los gazapos. El peso de la camada a los 21 días es aceptado como un indi-

cador indirecto de la producción de leche (Lebas, 1969; de Blas y Gálvez, 1973). En el cuadro 9 se dan los valores medios y desviaciones típicas para el peso de la camada al nacimiento y a los 21 días del total de los datos analizados sin consideración del modelo.

Cuadro 9. Medias (m, gr.) y desviaciones típicas (sd, gr.) del peso de la camada al nacimiento (PTCN y a los 21 días (PTC21).

<b>Carácter</b>	<b>PTCN</b>	<b>PTC21</b>
<b>m</b>	<b>543.5</b>	<b>2630</b>
<b>sd</b>	<b>177.7</b>	<b>769</b>

Fuente: Bibliografía referenciada.

El cuadro 10 muestra los contrastes entre los efectos del tipo de animal corregido por tamaño de camada al nacimiento o a los 21 días para ver si el peso al nacimiento o la disponibilidad de leche por gazapo en la línea H se ha deteriorado. Estos contrastes muestran para el peso al nacimiento que no hay diferencias entre líneas cuando la comparación se hace a tamaño de camada constante, salvo en la comparación de las generaciones 0 y 1 de la línea H, que resulta favorable a la última y que, por tanto, descarta la presencia de heterosis en la generación 0 para este carácter. Los resultados para el peso a 21 días siguen un patrón distinto, pues aunque las diferencias entre líneas se anulan al considerar el conjunto de partos, el análisis de los resultados parto a parto muestra la superioridad de la línea H frente a la V en el segundo y cuarto partos. Este resultado y la consideración de que la comparación de las líneas sin corregir por tamaño de camada, favorecería a la línea H frente a la línea V, dado el valor del coeficiente de regresión de la covariable (cuadro 10), lleva a la conclusión de que la línea H mantiene una mayor capacidad de producir leche que la V. Globalmente se puede afirmar que la elevada prolificidad de la línea H se ha conseguido sin detrimento en el peso de los gazapos al nacimiento, es decir sin comprometer su viabilidad inicial y con un ligero incremento de la capacidad láctea por gazapo. El que esta superioridad no salga significativa en los partos siguientes al quinto, muy posiblemente se deberá al reducido número de registros de estos partos.

Cuadro 10. Contrastes entre tipo<sup>a</sup> de animales y tipo por orden de parto<sup>b</sup> para peso de la camada al nacimiento (PTCN, gr.) y a los 21 días (PTC21, gr.).

Contraste	PTCN	PTC21
<b>H0 - (H1+H2)/2</b>	-20.8	-
<b>H0 - H1</b>	-23.5*	-
<b>H0 - H2</b>	-18.1	-
<b>H1 - H2</b>	5.4	32.8
<b>H - V</b>	7.2	76.9
<b>H<sup>1</sup> - V<sup>1</sup></b>	-3.6	26.9
<b>H<sup>2</sup> - V<sup>2</sup></b>	8.0	270.0*
<b>H<sup>3</sup> - V<sup>3</sup></b>	6.9	158.7*
<b>H<sup>4</sup> - V<sup>4</sup></b>	21.4	-164.9
<b>b<sup>c</sup></b>	45.3*	209.4*

<sup>a</sup> Tipo de animal: V línea V; H0, H1 y H2, línea H y generaciones 0, 1 y 2

<sup>b</sup> Los superíndices indican el parto considerado: 1, primero; 2, segundo; 3, tercero y cuarto, 4, quinto y siguientes. La ausencia de superíndice indica la totalidad de Partos. \*Contraste estadísticamente significativo p < 0.05.

<sup>c</sup> b: coeficiente de regresión de la covariable.

Fuente: Bibliografía referenciada.

#### 4.3.2.3. Caracteres de crecimiento individual de los gazapos

Pese a que como ya se ha comentado anteriormente, la selección de líneas de tipo maternal se hace en base al tamaño de camada, sus características de crecimiento no son irrelevantes (Baselga y Blasco, 1989), pues participan con la línea paternal en la determinación de la capacidad genética de crecer de los gazapos que van a la producción de carne. De aquí el interés de comparar la capacidad de crecimiento de

los animales de la línea H, para lo que se pesaron al destete animales de la línea H y de la línea V; 12519 animales al destete y 11675 al final del período de engorde (Cuadro 11).

Cuadro 11. Medias (m) y desviaciones típicas (sd) del peso al destete (PD, gr.), peso al sacrificio (PS, gr.) y ganancia diaria post-destete (GD, gr./d).

<b>Carácter</b>	<b>PD</b>	<b>PS</b>	<b>GD</b>
<b>m</b>	542	1881	38.1
<b>sd</b>	117	240	5.0

Fuente: Bibliografía referenciada.

El cuadro 12 muestra los contrastes entre los distintos tipos de animales para los caracteres anteriores. Así se observa que la línea H tiene un mayor peso al destete y al sacrificio que la línea V, siendo estas diferencias significativas. Respecto al carácter ganancia diaria el contraste es favorable a la línea H en 0.67 gr./d, aunque no resultó estadísticamente significativa. La no significación del contraste entre la generación 0 de la línea H y las generaciones 1 y 2 de esta línea para el peso al destete nos indica que la heterosis, si existió, fue poco importante en la generación 0 para este carácter. No obstante para el peso al sacrificio y la ganancia diaria post-destete la heterosis pudo estar presente en la generación 0.

Resumiendo los resultados de este grupo de caracteres podemos decir que la línea H presenta un peso al destete ligeramente superior a la línea V, tal como apuntaban ya los datos de los pesos a las tres semanas, lo que constata el hecho de que la elevada prolificidad de la línea H va acompañada de unas buenas cualidades maternas hasta el final de la lactación. La diferencia en peso al destete se mantiene o incluso se agranda durante el cebo. En definitiva la línea H mantiene, como línea maternal unas aceptables características de crecimiento individual de sus animales.

Cuadro 12. Contrastes entre tipo<sup>a</sup> de animales para peso al destete (PD, gr.), peso al sacrificio (PS, gr.) y ganancia diaria post-destete (GD, gr./d).

Contraste	PD	PS	GD
<b>H0 - (H1+H2)/2</b>	3.0	58.9*	1.6*
<b>H0 - H1</b>	9.7	71.9*	1.8*
<b>H0 -H2</b>	-3.6	45.9*	1.4*
<b>H1 - H2</b>	-13.3	-26.1	-0.4
<b>H0 - V</b>	25.5*	85.6*	1.7*
<b>H1 - V</b>	15.8	13.7	-0.1
<b>H2 - V</b>	29.1*	39.8	0.4
<b>(H0+H1+H2)/3-V</b>	23.5*	46.4*	0.7

\* Tipo de animal: V línea V; H0, H1 y H2, línea H y generaciones 0, 1 y 2.

\*Contraste estadísticamente significativo p < 0.05.

Fuente: Bibliografía referenciada.

#### 4.4. Conclusión

La aplicación del esquema de selección por hiperprolificidad, en una población comercial de conejos genéticamente heterogénea, poco estructurada y superficialmente conocida, ha permitido la fundación de una línea maternal de elevada prolificidad, con capacidad inicial para integrarse en un esquema de cruzamiento a tres vías de forma competitiva. Es, además, importante destacar el incremento importante de su prolificidad con el orden de parto, característica de especial importancia para el cunicultor al que le son de interés animales longevos y de elevada productividad a lo largo de toda su carrera reproductiva.

Hay que resaltar, también, el que la elevada prolificidad se haya conseguido sin detrimento de la fertilidad, lo que significa que el número de partos por hembra y año no se disminuye. Por otra parte la viabilidad de los gazapos al nacimiento no parece verse afectada por el incremento de la prolificidad y la capacidad láctea de las hembras H es incluso superior a la de hembras de otras reputadas líneas maternas. Esto se traduce en que los tamaños de camada al destete y los pesos individuales de los gazapos en este momento sean realmente destacados. Gran parte de la mejora de la prolificidad conseguida al nacimiento se mantiene hasta el final del cebo, lo que supone una superior productividad anual para esta línea.

Finalmente los resultados relativos al peso al sacrificio y a la ganancia diaria post-destete se muestran similares a la de las buenas líneas maternas.

En definitiva el aprovechamiento de la hiperprolificidad ha resultado un procedimiento de claro interés en la fundación de líneas maternas, que permite en un breve período de tiempo fundar una línea maternal con un incremento sustancial de la prolificidad frente a la población en la que se ha practicado la selección, sin que necesariamente se deterioren caracteres relativos a la viabilidad y crecimiento de los gazapos.

## **5. Resumen y primeras conclusiones**

En primer lugar se muestra el enfoque general de la mejora genética del conejo de carne bajo el supuesto de que para producir se siga un esquema de cruzamiento de tres vías. Seguidamente se revisan las experiencias de selección de líneas maternas por tamaño de camada, constatando que las respuestas obtenidas han sido, en general, inferiores a las esperadas y que los procedimientos indirectos ensayados para mejorar el tamaño de camada no han mostrado una superioridad clara sobre la selección directa. A continuación se revisa la alternativa de seleccionar por hiperprolificidad, discutiendo su fundamento teórico y los resultados existentes en cerdos. Finalmente se describe la única

experiencia existente en conejos de selección por hiperprolificidad para constituir una nueva línea maternal y la evaluación de esta línea para caracteres de tamaño de camada, de capacidad maternal y de crecimiento de su descendencia. Los resultados concuerdan con los obtenidos en cerdos y muestran el interés de la selección por hiperprolificidad en la mejora genética del tamaño de camada.

### SUMMARY

First, the common approach of the genetic improvement of meat rabbit is presented, when a three way cross is followed for production. Next, the experiments concerning selection of maternal lines for litter size are reviewed, concluding that the responses have been, in general, lower than expected and that the indirect methods do not show superiority over the direct methods. Afterwards, the alternative approach of selecting on hiperprolificacy is analysed, discussing its theoretical background and the results obtained in experiments with pigs. At last, one experiment of selecting on hiperprolificacy in rabbits is showed. The aim of this experiment was to create a new maternal line and the results of its evaluation for reproductive, maternal and growth traits are also given. The general conclusion is in agreement with the results got in pigs, showing the interest of the selection on hiperprolificacy to improve litter size.

**Palabras clave:** tamaño de camada, selección, hiperprolificidad.

### Principales fuentes consultadas

- ARGENTE MJ., SANCHEZ MF., SANTACREU MA., BLASCO A.1996a. Genetic parameters of birth weight and weaning weight in ovariectomized and intact rabbit does *6th World Rabbit Congress* 2:237-240 Toulouse Francia
- ARGENTE MJ., SANTACREU MA., CLIMENT A., BLASCO A. 1996b Selection for uterine efficiency in rabbits.*6th World Rabbit Congress* 2:241-244 Toulouse Francia

- ARMERO E., BLASCO A., 1992. Economic weights for rabbit selection index. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 637—642.
- BASELGA M., BLASCO A. 1989. Mejora genética del conejo de producción de carne. *Ediciones Mundi-Prensa*. Madrid.
- BASELGA M., BLASCO A., ESTANY J. 1984 Índice de selección de caracteres reproductivos con información variable. *III World Rabbit Congress* 1:62-65. Roma . Italia
- BASELGA M., GOMEZ E., CIFRE P., CAMACHO J. 1992. Genetic diversity of litter size traits between parities in rabbits. *J. Appl. Rabbit. Res.* 15:198-205
- BICHARD M., DAVID PJ. 1985 Effectiveness of genetic selection for prolificacy in pigs. *J. Reprod. Fert.* 33:127-138.
- BICHARD M., SEIDEL CM. 1982 Selection for reproductive performance in maternal lines of pigs. *2nd World Congress on Genetics Applied to Livestock Production VIII*: 565-569, Madrid, España
- BIDANEL JP., BLASCO A., GOGUÉ J., LAGANT H. 1996. Résultats de quatre générations de sélection pour le taux d'ovulation et la survie prénatale chez les porcs de race Large White. *Journées de la Recherche Porcine en France* 28:1-8
- BIDANEL JP., DUCOS A. 1994. An overview of twenty years of selection for litter size in pigs using "hyperprolific schemes". *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. 17:512-515. Guelph, Canada
- de BLAS JC., GÁLVEZ JF. 1973 Índices para la estimación de la producción de leche en conejas de la raza gigante de España. *An. INIA, serie Prod. Anim.* 4:25-30
- BOLET G., OLLIVIER L., DANDO P. 1989 Sélection sur la prolificité chez le porc I. Résultats d'une expérience de sélection sur onze générations. *Génét. Sél. Evol.* 21:93-106
- BOLET G., SANMTACREU MA., ARGENTE MJ., CLIMENT A., BLASCO A. 1994. Divergent selection for uterine efficiency in unilaterally ovariectomized rabbits I. Phenotypic and genetic parame-

ters. *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 19:261-264

- BOLET G., THEAU-CLEMENT M., 1994. Fertilisation rate and preimplantation embryonic development in two rabbit strains of different fecundity, in purebreeding and crossbreeding. *Animal Reproduction Science*, 36, 153-162.
- BRADFORD GE. 1979. Genetic variation in prenatal survival and litter size. *J. Anim. Sci. (Suppl. 2)* 49:66-74
- BREUER HW., CLAUSEN V.1977. Correlation of birth weight and crown-rump to the number of implantations and litter size in rabbits. *Anat. Embryol.* 151: 91-95
- CASEY D., RATHJE TA., JHONSON RK. 1994. Response to ten generations of index selection for components of litter size in swine. *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 17:315-317
- CIFRE J. 1997. Constitución de una línea de aptitud maternal en conejo aplicando criterios de selección por hiperprolificidad. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Valencia.
- CIFRE J., BASELGA M., GARCÍA-XIMÉNEZ F., VICENTE J.S. 1998a Performance of a hiperprolific rabbit line I. Litter size traits. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 115(2):131-138
- CIFRE J., BASELGA M., GARCÍA-XIMÉNEZ F., VICENTE J.S. 1998b Performance of a hyperprolific rabbit line II. Maternal and growth performances. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 115(2):139-147
- CLUTTER AC., KIRBY YLK., NIELSEN MK. 1994. Uterine capacity and ovulation rate in mice selected 21 generations on alternative criteria to increase litter size. *J. Anim. Sci.* 72:577-583
- CUNNINGHAM PJ., ENGLAND ME., YOUNG LD., ZIMMERMAN DR. 1979. Selection for ovulation rate in swine: correlated response in litter size and weight. *J. Anim. Sci.* 48:509-516.

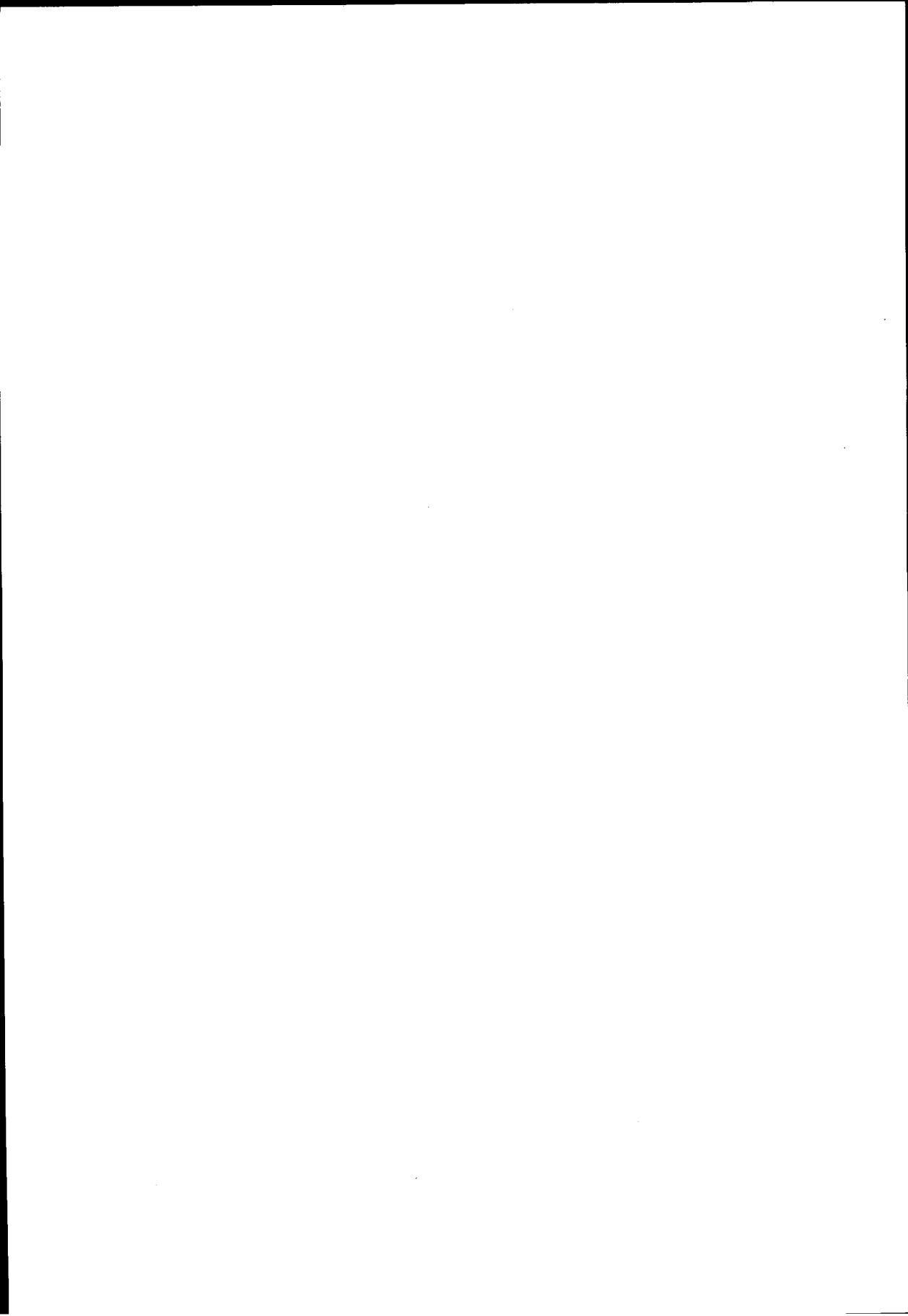
- ESTANY J., BASELGA M., BLASCO A., CAMACHO J. 1989 Mixed model methodology for the estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits. *Livest. Prod. Sci.* 21, 67-75.
- ESTANY J., CAMACHO J., BASELGA M., BLASCO A. 1992 Selection response of growth rate in rabbits for meat production. *Génét. Sél. Evol.* 24, 527-537.
- FEKI S., BASELGA M., BLAS E., CERVERA C., GÓMEZ E.A., 1996. Comparison of growth and feed efficiency among rabbit lines selected for different objectives. *Livest. Prod. Sci.*, 45:87—92.
- FERRAZ JBS., JOHNSON RK., VAN VLECK LD. 1992. Estimation of genetic trends and genetic parameters for reproductive and growth traits of rabbits raised in subtropics with animal models. *J.Appl. Rabbit Res.* 15:131-142
- GARCÍA-XIMÉNEZ F., VICENTE JS., CIFRE J., BASELGA M.1996 Foundation of a maternal rabbit line using hysterectomie and embryo cryopreservation. *6th World Rabbit Congress* 2:285-288 Toulouse, Francia
- GÓMEZ EA. 1994. La selección del tamaño de camada en el conejo de carne: influencia de los efectos maternos y de la heterogeneidad genética entre partos. *Tesis doctoral* Universidad Politécnica de Valencia
- GÓMEZ EA., BASELGA M., CIFRE J.1994. The influence of genetic diversity between parities in selection for litter size in rabbits. *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 19:253-256 Guelph, Canada
- GÓMEZ E.A., BASELGA M., RAFEL O., RAMÓN J.1998. Comparison of carcass characteristics in five strains of meat rabbit selected on different traits. *Livestock Production Science (en prensa)*
- GÓMEZ EA., RAFEL O., RAMON J., BASELGA M.1996. A genetic study of a line selected on litter size at weaning. *6th World Rabbit Congress* 2:289-292, Toulouse, Francia.

- KIRBY YLK., NIELSEN MK. 1993. Alternative methods of selection for litter size in mice III. Responses to 21 generations of selection. *J. Anim. Sci.*71:571-578
- LAMBERSON WR., JOHNSON RK., ZIMMERMAN DR., LONG TE. 1991. Direct responses from selection for increased litter size, decreased age at puberty or relaxed selection following selection for ovulation rate in swine. *J. Anim. Sci.*69:3129-3143.
- LAND RN., FALCONER DS. 1969. Genetics of ovulation rate in the mouse. *Genet. Research* 13:25-45
- LEBAS F.1969. Alimentacion lactée et croissance pondérale du lapin avant sevrage. *Ann. Zootech.*18(2):197-208
- LEGAULT C., GRUAND J. 1976. Amélioration de la prolificité des truies par la création d'une lignée "hyperproliphique" et l'usage de la insemination artificielle: principe et résultats expérimentaux préliminaires. *Journées de la Recherche Porcine en France*: 201-206
- MATHERORON G.; ROUVIER, R. 1977. Optimisation du progrès génétique sur la prolificité chez le lapin. *Ann. Génét. Sél. Anim.*9 (3):393-405
- MGHENI M., CHRISTENSEN K. 1985. Selection experiment on growth and litter size in rabbits III. Two way selection response for litter size. *Acta Agric. Scandinavica* 35:287-294
- NARAYAN AD., RAWAT S.1985. Correlated response in litter size of different parities in rabbits. *Indian Journal of Animal Science* 55:679 682
- NARAYAN AD., RAWAT S., SAXENA MC.1985. Phenotypic variability and heritability of litter size in rabbits selected for large litter size. *Indian Journal of Animal Science* 55:790-794.
- NIELSEN MK. 1994. Selection experiments for reproductive rate in mice. *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 19:219-225. Guelph, Canada.
- NOGUERA JL., ALFONSO L., BABOT D., PÉREZ-ENCISO M., ESTANY J. 1997 Resultados de un experimento de selección del

tamaño de camada mediante un esquema hiperprolífico en porcino.  
ITEA 18(1):391-393

- NOGUERA JL., PÉREZ-ENCISO M., ALFONSO L., BABOT D., ESTANY J. 1994 A selection experiment for increasing litter size of Landrace pigs in Spain. *5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 17:343-346. Guelph, Canada.
- POUJARDIEU B., BRUN J.M., DUZERT R., ROUVIER R., MATHERON G., ROCHAMBEAU H. de, 1998. Amélioration de la prolificité de la lapine. Expériences de sélection à long terme. *Génét. Sél. Evol.*, soumis pour publication.
- RAFEL O., RAMON J., GÓMEZ EA. 1996 Meat rabbit production in Spain. *Proc. 6th Congr. World Rabbit Sci. Assoc., Toulouse*, Vol 3, pp. 407-409
- RAMON J., RAFEL O., GÓMEZ EA. 1996. Gestión técnico económica. Resultados España 1995. *Boletín de Cunicultura* 88:19-23
- ROCHAMBEAU H. de, FUENTE L.F. de la, ROUVIER R. 1989. Selección sur la vitesse de croissance post-sevrage chez le lapin. *Génét. Sél. Evol*, 21: 527—546.
- ROUVIER R. 1991. L'amélioration génétique du lapin de chair par sélection et croisement: une synthèse de résultats sur le progrès génétique por la taille de portée et la vitesse de croissance post-sevrage. *ITEA* 87(A):199-209
- SANTACREU MA., CLIMENT A., GALLEGRO M., FAYOS L., BLASCO A. 1996 Fertilization rate and early embryo development in two rabbit lines selected on uterine efficiency. *6th World Rabbit Congress* 2:355-357 Toulouse, Francia.
- SORENSEN DA., VERNERSEN AH. 1991 Large scale selection for number of born piglets using an animal model. *42nd Annual meeting of the European Association of Animal Production. Commission on Animal Genetics*, session 3. Berlín.

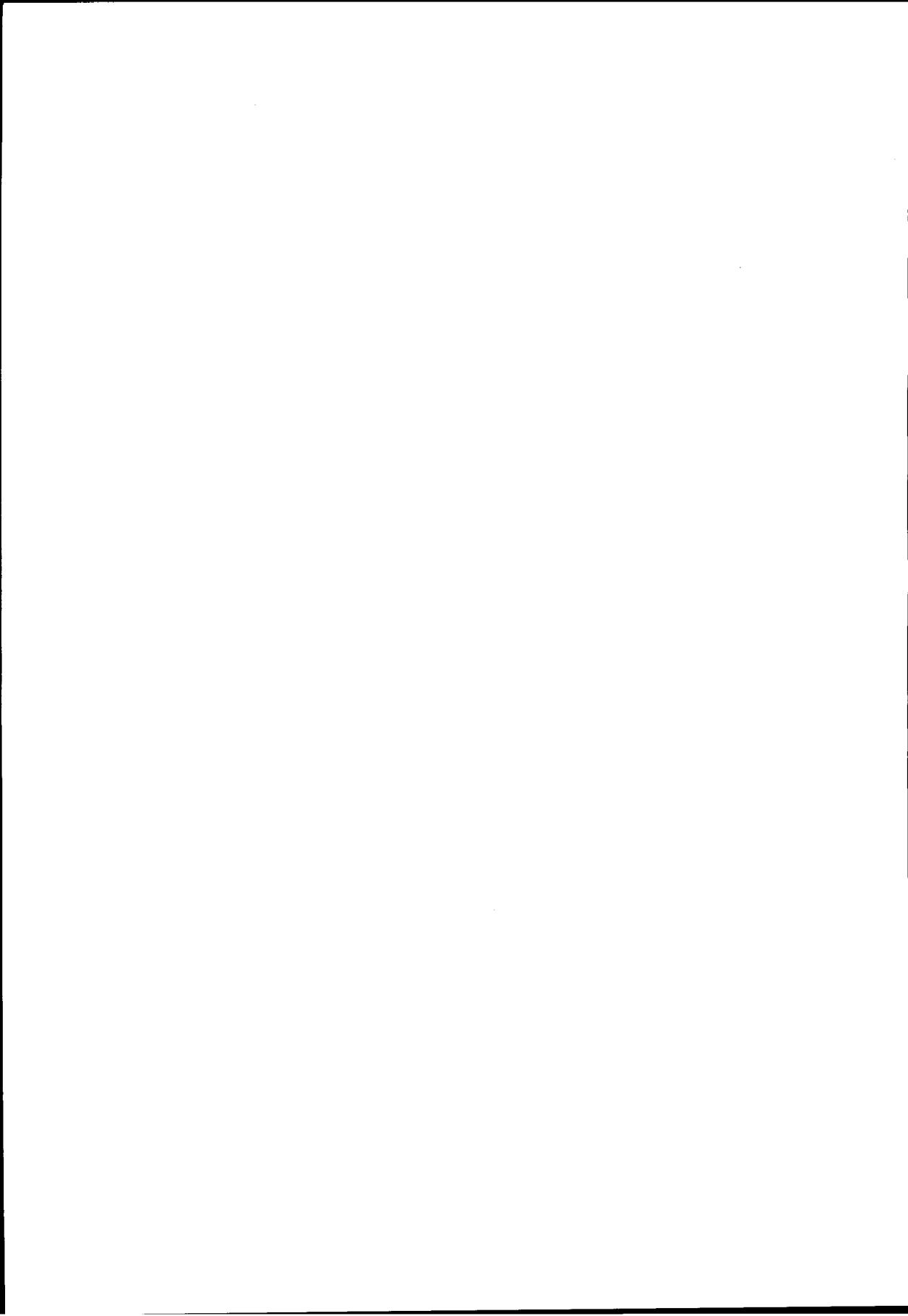
- TORRES C., BASELGA M., GÓMEZ E.A. 1992. Effect of weight daily gain selection on gross feed efficiency in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 884—888.
- VANGEN O. 1981. Problems and possibilities for selection for fecundity in multiparous species. *Pig News Information* 3:257-262
- VICENTE JS., GARCÍA-XIMÉNEZ F. 1993a. Effect of strain and embryo transfer model (embryos from one versus two donor does/recipient) on results of cryopreservation in rabbit. *Reproduction, Nutrition, Development* 33:5-13
- VICENTE JS., GARCÍA-XIMÉNEZ F. 1993b. Effect of recipient doe genotype on survival rate at birth of frozen rabbit embryos. *Reproduction, Nutrition, Development* 33:229-234
- VICENTE JS., GARCÍA-XIMÉNEZ F., VIUDES DE CASTRO MP. 1995 .Neonatal performances in 3 lines of rabbit (litter sizes, litter and individual weights) *Ann. Zootech.* 44:255-261



CAPÍTULO V

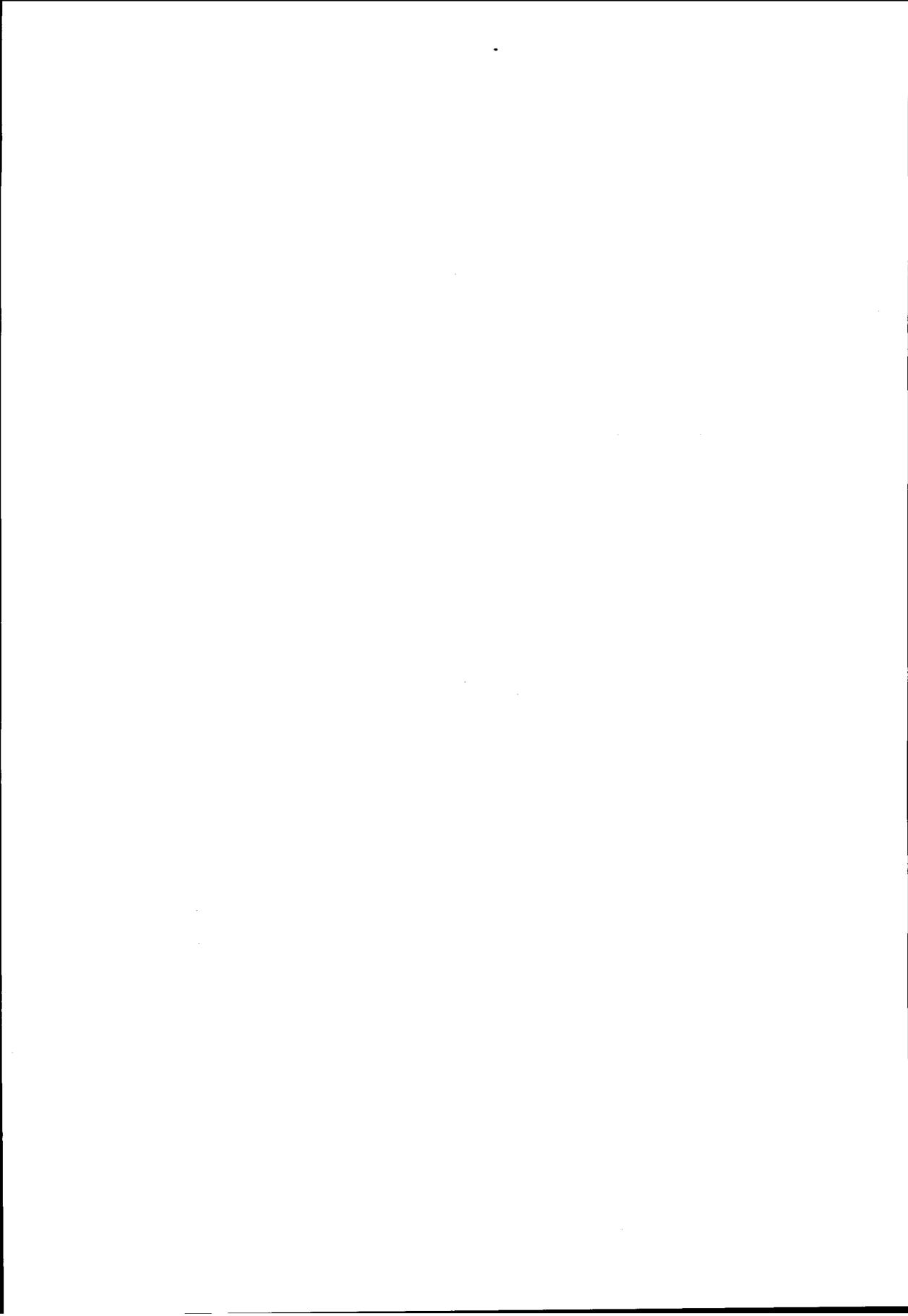
**LA PRODUCCIÓN FRANCESA  
DE CONEJO DIFERENCIADO**

Francois Tudela



## ÍNDICE

0. Introducción
  1. Los signos de calidad en Francia
  2. La situación europea
  3. El caso del conejo
  4. El conejo certificado «Label Rouge Pyrénées Lapin»
  5. Resultados técnicos
  6. Resumen y primeras conclusiones
- Agradecimientos



## 0. Introducción

La evolución en el poder adquisitivo, la sensibilización de los consumidores con la seguridad alimentaria y con la noción de calidad, ha hecho que los productores, en todos los sectores, hayan, además de considerado los aspectos de producción y de rentabilidad, tomado en cuenta otros factores como el de la trazabilidad o el de la diversidad de productos.

Aunque no se aplicara de igual forma en el conejo, uno de los mejores ejemplos ha sido el de la producción de pollo campero, la cual ha habido adaptarse rápidamente a la demanda de los consumidores que buscan una calidad diferenciada a aquella producida en sistemas intensivos.

Tras la Primera Guerra Mundial, el objetivo de los poderes públicos y, por ende, de los criadores, fue el de obtener una producción máxima para lograr aportar las proteínas animales necesarias para la alimentación humana. Por lo que respecta a la productividad, este planteamiento fue totalmente exitoso, pero la calidad de los productos se fue deteriorando a medida que crecía la intensidad de las producciones. En la actualidad existe, pues, una demanda de productos diferenciados por parte de los consumidores y, asimismo, por las grandes empresas de distribución que, en Francia, suponen abarcar el 70% de los productos que se destinan al consumo humano.

Rápidamente, los poderes públicos franceses, al igual que los de la Comunidad Europea, comprendieron la necesidad de establecer una reglamentación al respecto para que la confianza de los consumidores no fuera alterada.

## 1. Los signos de calidad en Francia

A nivel francés, el Ministerio de Agricultura ha creado o concedido cuatro tipos de certificados o signos de calidad. Estos son:

- a. **Certificación de conformidad**, que asegura que un producto ha sido fabricado siguiendo un protocolo de instrucciones bien precisas que describen al completo el proceso de fabricación.
- b. **Label rojo (Label rouge)**. Es un producto certificado pero con unas características de calidad superior reconocidas (mediante un test de degustación obligatorio) y un modo de cría distinto del convencional.
- c. **Productos obtenidos con agricultura biológica**. Son productos obtenidos sin empleo de productos químicos sintéticos y que contienen, como mínimo, un 95% de su contenido en productos obtenidos mediante agricultura biológica.
- d. **Labels regionales**. Parecidos a los productos Label rouge, pero presentando características típicas de la región. En Francia existen pocos productos con esta distinción.

Para estos cuatro tipos de productos de calidad, para obtenerlo debe pedirse al Ministerio de Agricultura francés, quien reúne las pertinentes comisiones de expertos quienes juzgan la validez de la demanda. En general, si son aceptados, se les asigna un periodo de prueba de un año bajo control de los organismos oficiales.

Además, existen las **Denominaciones de Origen Controladas** que garantizan que han sido producidos en un territorio delimitado, con un estilo local y con un proceso de elaboración preciso. Este es el caso de los vinos de Francia.

A estos signos oficiales hay que añadirles el de las marcas de la gran distribución, y que en Francia se acercan a la certificación de conformidad, aunque los procedimientos de elaboración y el nombre son

propios a cada una de las marcas. De hecho son complemento y concurrencia de las otras y, cada vez, adquieren mayor importancia a nivel de ventas.

## 2. La situación europea

En 1992, la Unión Europea puso en marcha unos sistemas de valorización y de protección de determinados productos alimentarios con características parecidas a aquellos existentes en Francia.

En la actualidad existen tres logos europeos:

- a. **Denominación de Origen Protegida**, similar a la Denominación de Origen Controlada, garantiza la producción, la transformación y la elaboración de un producto en una zona bien definida. Por ejemplo, el aceite de oliva de Kalamata (Grecia).
- b. **Indicación Geográfica Protegida**. Se trata de un nombre de un lugar definido (región o territorio) que sirve para designar un producto agrícola o alimentario. Dicha indicación se basa en la reputación y la historia de un producto que se encuentra asociado a una zona geográfica y posee unas características o cualidades particulares. Por ejemplo, los espárragos de Navarra.
- c. **Especialidades Tradicionales Garantizadas**. No hacen referencia a un origen, pero tienen en consideración su composición, una receta del producto o un modo de producción tradicional. Los productos de este tipo pueden ser fabricados en cualquier lugar de la Unión Europea. Por ejemplo, el jamón serrano.

### 3. El caso del conejo

Hasta hace poco, no existía ningún ejemplo de los anteriormente mencionados para el caso del conejo. El sector cunícola no había precisado tener que presentar o poseer productos diferenciados, principalmente argumentando que un producto de ese tipo podría tener un efecto perjudicial para el producto estándar y hacer bajar su precio. Por otro lado, parece que los consumidores no han manifestado quejas sobre la calidad general del conejo estándar, lo que limita la necesidad del signo de calidad. A esto habría que añadir que las formas de producción entre las diferentes regiones y países no parecen ser muy diferentes como para poder justificar una Denominación de Origen.

Sin embargo, la voluntad de la gran distribución, de poder ofertar el mayor número de productos posibles, así como las promesas de valor añadido que podría conseguir un producto identificado con un signo de calidad, han llevado a algunas agrupaciones a producir un conejo diferenciado.

El primero de ellos fue el **“Conejo Certificado del Valle del Drôme”**, cuyo planteamiento se basaba en que todos los animales de engorde eran criados en condiciones de semiaire libre.

Le siguió enseguida el **“Conejo Certificado Rex du Poitou”**, producido por los productores de piel del conejo Orylag que sacrificaban a sus animales, criados en jaulas individuales, a la edad de 17 semanas.

Tres tipos de conejo se benefician de signo Label Rouge. dos son independientes y el que se produce en la región de Angers ha sido recuperado por una empresa de distribución y se comercializa bajo marca.

Cinco cunicultores franceses producen conejo certificado como de Agricultura Biológica. El protocolo para su cría es muy estricto, pues los animales son alimentados con productos obtenidos en el 80 por 100 en la explotación. Asimismo son criados en jaulas que se colocan directamente encima del suelo para que puedan alimentarse direc-

tamente de éste. Jaulas que son desplazadas cada día con objeto de minimizar los riesgos sanitarios.

El conjunto de todas estas producciones supone un volumen muy bajo para el caso del conejo, mientras que para el pollo, más del 25 por 100 de los productos de esta ave que se comercializan en Francia son certificados como Label Rouge.

Actualmente, el aumento en el volumen de conejos diferenciados se está haciendo a través de la certificación, la cual, asegura la trazabilidad deseada por el consumidor.

En el momento actual, los precios pagados a los productores varían según el tipo de producto. La relación en comparación con el conejo estándar es la siguiente:

- \* Conejo estándar: 1.
- \* Conejo Certificado: 1,1-1,2.
- \* Conejo «Label Rouge» y «Rex de Poitou»: 1,3-1,5.
- \* Conejo de Agricultura Biológica: más de 2.

Esta relación debe entenderse como una aproximación comparativa entre los diferentes tipos de conejos, debiendo quedar claro que dichos precios y relaciones pueden variar a lo largo del año.

#### **4. El conejo certificado «Label Rouge Pyrénées Lapin»**

A finales de 1994, la región de Aquitania Lapin obtuvo la posibilidad de producir un conejo certificado «Label Rouge». Dicha región solicitó una ampliación de la zona para que dicho conejo pudiera también ser obtenido en la región de Midi-Pyrénées y en la del Languedoc-Roussillon.

La producción de este conejo se diferencia de la del conejo estándar esencialmente a nivel de la etapa de crecimiento. El protocolo de cría particulariza los siguientes nueve puntos:

- a. Destete a 38 días máximo y sacrificio a los 91 días.
- b. Manejo de las madres en bandas de 3 semanas mínimo.
- c. Imposibilidad para cualquier explotación de producir conejos estándar y Label Rouge al mismo tiempo.
- d. Prohibición de criar más de 1000 animales de engorde en una misma edificación.
- e. Vacío sanitario obligatorio en cada banda.
- f. Utilización obligatoria de una líneas macho (de origen Normando) y de una línea hembra (de origen sintético Neozelandés x Blanc du Bouscat).
- g. Los animales de engorde deben ser criados sobre suelo a partir del destete:
  - De los 35 a los 49 días sobre emparrillado o slat en el interior de la nave.
  - De los 49 a los 91 días con posibilidad de acceso al exterior en parques cimentados.
- h. El parque exterior debe ser, como mínimo, igual al parque interior y con una superficie mínima de 2 m<sup>2</sup>.
- i. Las densidades deben ser de 16 conejos/m<sup>2</sup> hasta los 49 días, y de 8 conejos/m<sup>2</sup> hasta el sacrificio (con el acceso al exterior).

## 5. Resultados técnicos

En el INRA de Toulouse, se han realizado una serie de comparaciones entre animales criados de forma estándar y bajo normas label. En dichas comparaciones se introdujo una variante alimentaria, siendo el objetivo el limitar el excesivo engrasamiento que puede constituir un factor de depreciación de la canal.

Es interesante destacar que hasta la edad de sacrificio convencional en Francia (a un peso de 2,3 Kg), no se han obtenido diferencias

significativas entre el tipo de cría en el suelo o en jaula. Los índices de transformación pueden parecer elevados para un cunicultor español, aunque debemos recordar que éste aumenta sensiblemente con la edad del animal y que estos resultados han sido obtenidos durante la época más calurosa del año.

A partir de los 70 días es difícil poder establecer comparaciones pues no existen demasiadas referencias sobre la cría en suelo. Sin embargo, constatamos signos e agresividad en aquellos animales alimentados a voluntad, lo que puede tener consecuencias catastróficas en cuanto a la valorización del producto.

Actualmente estamos realizando un estudio sobre este aspecto, usando alimentos más específicos para este tipo de producción. El racionamiento, aunque se adapte bien al crecimiento de los animales tras el periodo normal de sacrificio, es bastante complicado de poner en marcha en este sistema.

## **6. Resumen y primeras conclusiones**

El objeto de este estudio no es el de ejercer de defensor sobre el tema del conejo diferenciado o no. Los cunicultores están sometidos a las leyes del mercado y deben adaptarse para poder responder mejor a las demandas de los consumidores puesta en escena por la presión de las grandes superficies.

Este conejo producido, ¿es mejor?. Cada uno es libre de pensar y expresar su propia opinión. Solo existe la realidad de una demanda y que cada vez es más diversificada. Por ello, todas las soluciones encaminadas a enriquecer la gama de productos que se presenten al consumidor deben ser apoyadas, tanto si hacen referencia a un conejo diferente como a una nueva forma de presentación.

La gran ventaja de la certificación es la de la trazabilidad del producto. Los ataques mediáticos contra la seguridad alimentaria no han sido nunca tan virulentos como en la actualidad. Poder aportar la seguridad de la correcta realización de todas las etapas productivas

genera confianza en el consumidor y, por añadidura, favorece la venta de conejo.

En definitiva, en el delicado periodo en que nos encontramos actualmente debido a la enterocolitis, los técnicos y yo mismo estamos orgullosos de descubrir una nueva forma de criar conejos, con resultados zootécnicos y económicos similares a los del conejo estándar hasta el momento de su sacrificio.

### **Agradecimientos**

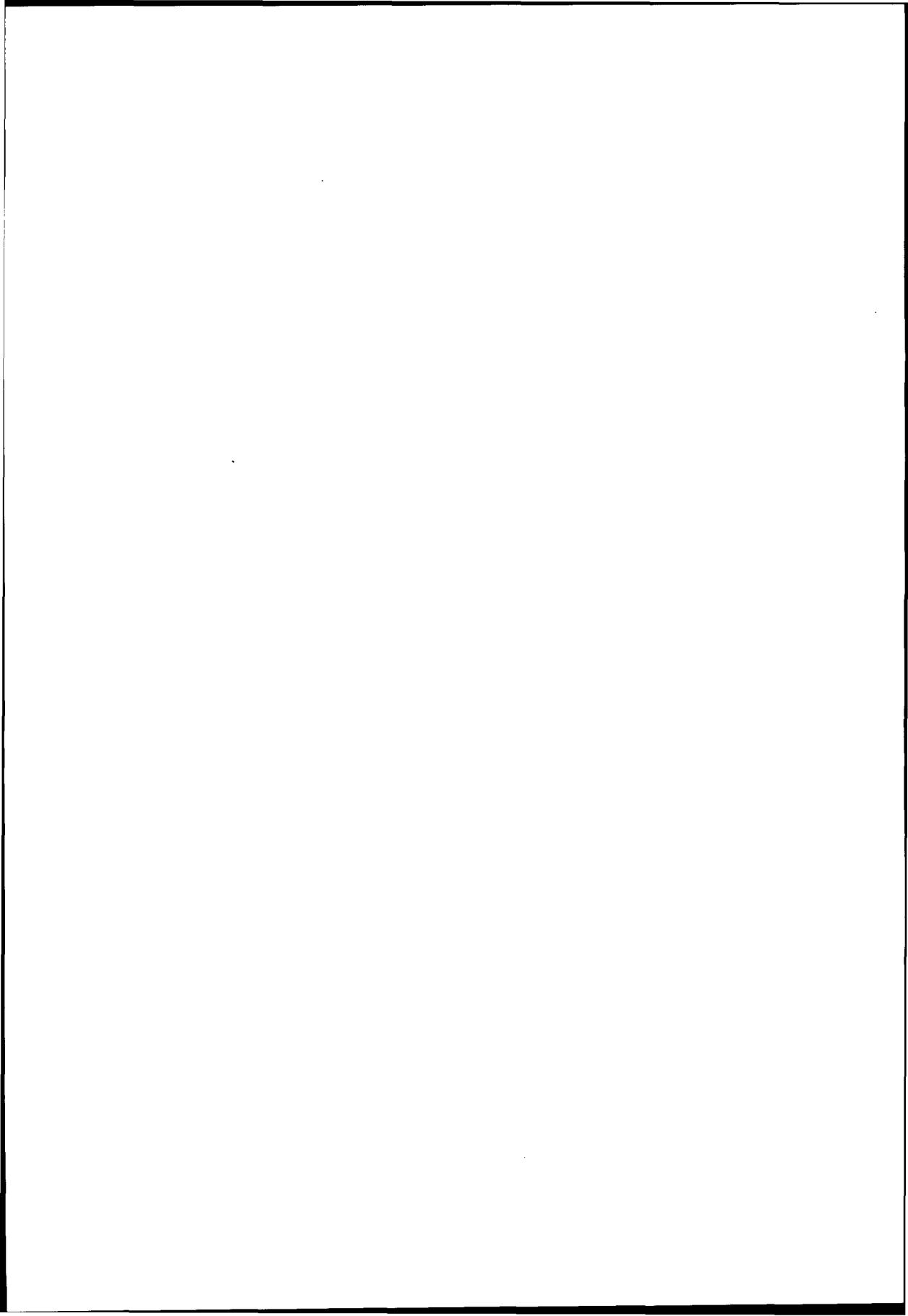
El autor desea manifestar su agradecimiento a:

- \* Jean Marc Bergamelli, Presidente de la FENALAP y Aquitaine Lapin, quien concibió el proyecto.
- \* Sophie Dellatana y a los técnicos del INRA-SELAP por el estudio zootécnico realizado.
- \* A la empresa Agribrands por su ayuda en la formulación de los piensos
- \* A la empresa Extrona por su participación en el estudio del prototipo.

## CAPÍTULO VI

### **COMUNICACIONES PRESENTADAS**

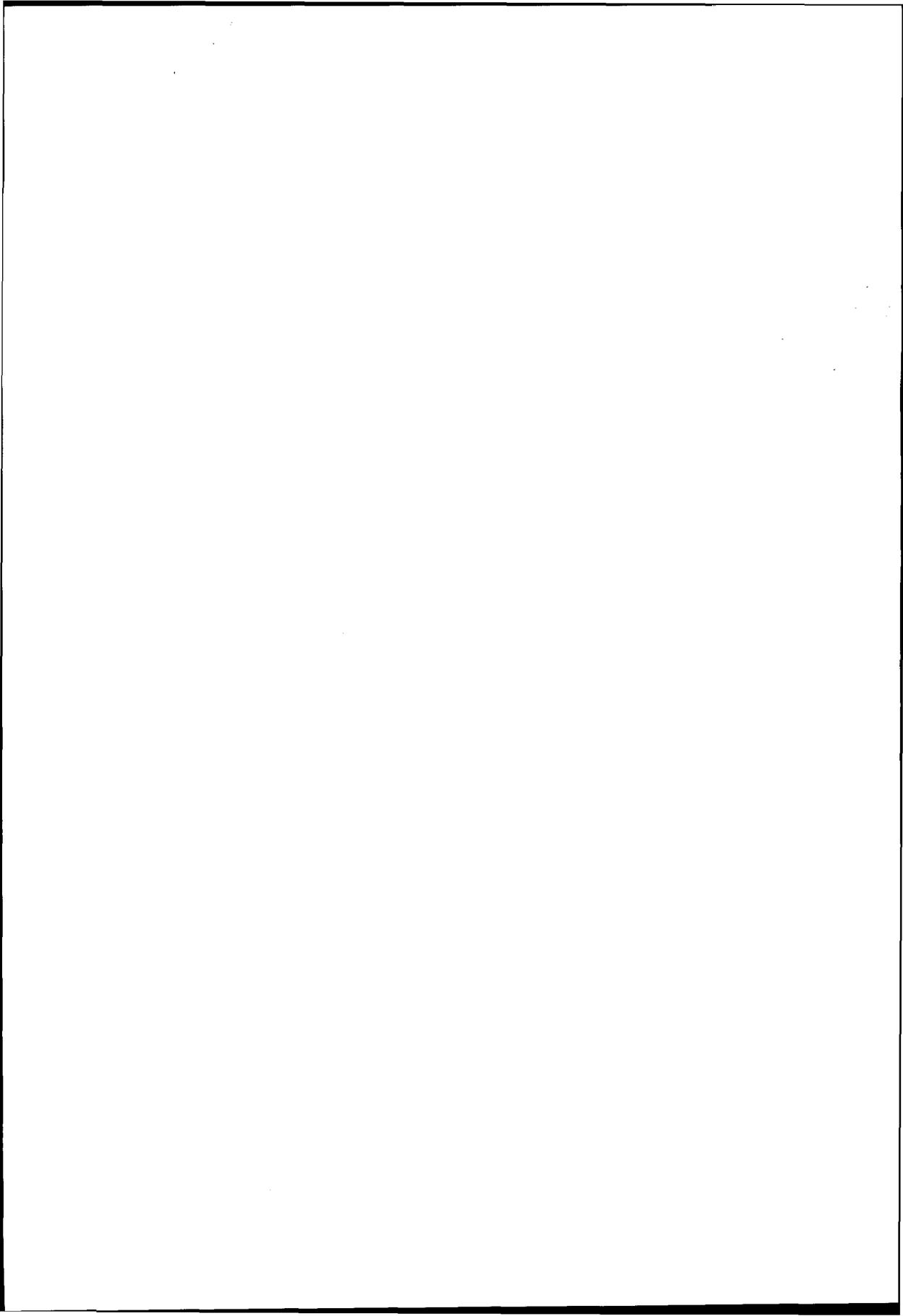
Javier García Alonso  
Sara Barceló Suñer  
Zuriña Arroita Suárez et al.  
Alvaro Belenguer



## CAPÍTULO VI.1

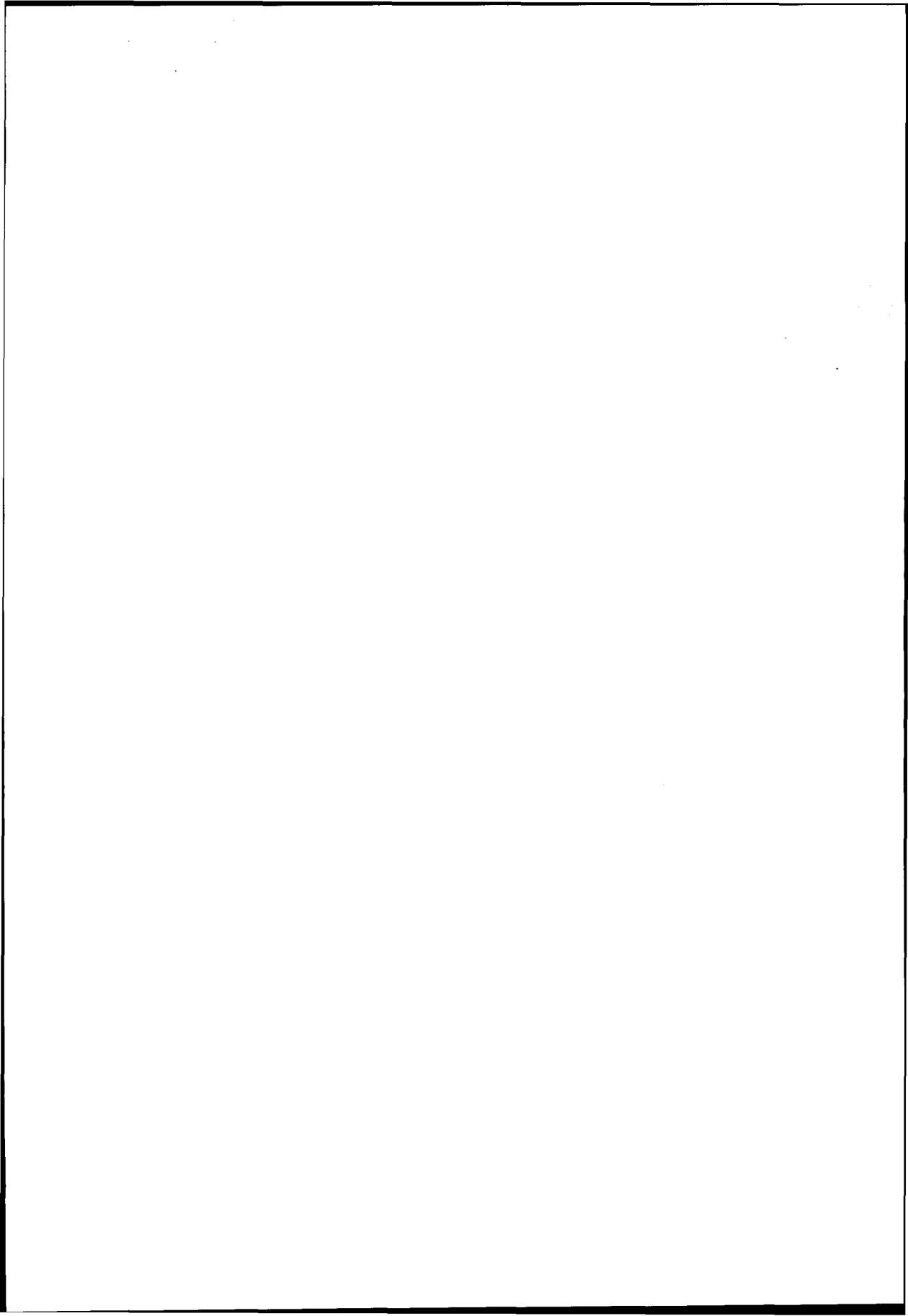
# **UTILIZACIÓN DE FUENTES DE FIBRA ALTERNATIVAS EN PIENSOS DE CONEJOS: GRANILLA DESENGRASADA DE UVA Y CASCARILLA DE SOJA**

Javier García Alonso



# ÍNDICE

0. Introducción
  1. Composición química y características físicas
  2. Valoración nutritiva
  3. Fermentación cecal y actividad enzimática en el intestino delgado
  4. Rendimientos productivos
  5. Rendimientos productivos: conclusiones
- Principales fuentes consultadas



## 0. Introducción

Los alimentos ricos en fibra constituyen alrededor del 40% de los piensos comerciales de conejos en España. Estos alimentos no solo aportan nutrientes sino que también influyen directamente sobre la velocidad de tránsito (y por tanto sobre la ingestión de alimento), la fermentación cecal, el reciclaje diario de proteína microbiana, la morfología de la mucosa intestinal y la actividad enzimática en el intestino delgado (Chiou et al., 1994; Fraga et al., 1991; García et al., 1997a; García et al., 1999a; García et al., 2000a).

El heno de alfalfa es el alimento fibroso utilizado tradicionalmente para cubrir las necesidades de fibra. Éste aporta tanto partículas de fibra larga como pectinas fácilmente digestibles, asegurando una velocidad de tránsito adecuada y un reducido pH en el ciego, y tanto por su palatabilidad como por su aporte en aminoácidos esenciales lo hacen preferible frente a otras materias primas fibrosas (Gidenne, 1992; García et al., 1995a y b; García et al., 1999a). Estas características hacen que el heno de alfalfa se considere una fuente de fibra equilibrada y de referencia en conejos y que, de hecho, se incluya en cantidades importantes en la dieta, un 30% de media en piensos comerciales.

Sin embargo, el precio del heno de alfalfa varía en función de la producción, y ésta depende fundamentalmente de la climatología. Ésta también influye en la composición química del heno de alfalfa (que es muy variable) y, por tanto, en su valor nutritivo (García et al., 1995a). Además, en el heno de alfalfa pueden existir contaminaciones bacterianas y fúngicas debido a un deficiente secado y/o mala conservación y almacenamiento (Mateos y Rial, 1989). Por ello, hay situaciones donde el encarecimiento de esta materia prima o la menor calidad de la misma puede hacer interesante su sustitución por otras fuentes de fibra.

Otros alimentos fibrosos utilizados habitualmente son el salvado de trigo, muy palatable y de aceptable valor energético y proteico, y la paja de cereal, interesante por su aporte de fibra larga. En ambos casos, la digestibilidad de su fracción fibrosa es reducida (Villamide et al., 1989; de Blas et al., 1989; García et al., 1996; García et al., 1999a).

Además de estas materias primas, en las raciones de conejos suelen entrar un buen número de subproductos fibrosos en pequeñas cantidades, como pulpas de remolacha y cítricos, cascarillas de soja, girasol y arroz, raicilla de cebada, granilla y orujo de uva, hoja de olivo, etc. Su nivel de inclusión depende principalmente del área de producción. La utilización de este tipo de alimentos está notablemente restringida debido a la escasa información disponible sobre su valor nutritivo, el desequilibrio en nutrientes que presentan, la inseguridad de que tengan una velocidad de tránsito similar a la de las fuentes tradicionales de fibra y por la inexistente tipificación del producto, que se traduce en una gran variabilidad entre partidas y proveedores.

A pesar de estos inconvenientes, la inclusión de este grupo de alimentos en la formulación de raciones de conejos puede permitir cubrir parte de las necesidades de fibra del conejo y reducir del contenido de heno de alfalfa de la ración cuando se incremente su precio o disminuya su calidad. Así, en la práctica se plantea la posibilidad de su sustitución parcial o total por una mezcla de subproductos que, en conjunto, tengan un valor nutritivo y un comportamiento digestivo similar (De Blas et al., 1999). Dos subproductos que se encuentran disponibles y que pueden tener un aprovechamiento interesante en raciones de conejos son la granilla desengrasada de uva y la cascarilla de soja. Sin embargo, la falta de información nutritiva sobre los mismos reduce su utilización habitual en este tipo de piensos.

La granilla desengrasada de uva procede de la extracción del aceite de la pepita de la uva y sus principales usos son como abono orgánico o como alimento para el ganado, que es donde adquiere un mayor valor económico. Su inclusión en piensos de conejos no suele superar el 2-4 por 100. Este alimento se comercializa en forma de harina y presenta la ventaja de que sale esterilizado del proceso de extrac-

ción del aceite. En muchas ocasiones, va entera y mezclada con otros subproductos de la vinificación (hollejo y escobajo) constituyendo todos juntos el orujo de uva.

Por su parte, la cascarilla de soja es un subproducto del procesamiento del haba obtenido previamente a la extracción del aceite y se utiliza mayoritariamente para la obtención de la harina de soja 44 a partir de la harina 48. Es un ingrediente habitual en raciones para rumiantes, especialmente en Estados Unidos. La mayor parte de la cascarilla disponible en el mercado español tiene esta procedencia y se comercializa en forma de gránulo. En los últimos años, la mayor utilización de torta de soja 48 en raciones de avicultura y de animales jóvenes ha incrementado la disponibilidad de cascarilla de soja en el mercado. Su inclusión en piensos de conejos no suele superar el 10 por 100.

El objetivo de este trabajo ha sido revisar la información existente en relación con el valor nutritivo de la granilla desengrasada de uva y la cascarilla de soja en conejos, estudiando los efectos que tiene su inclusión en el pienso sobre los rendimientos productivos. Los resultados obtenidos con estas fuentes de fibra se comparan con los del heno de alfalfa o con raciones basadas en este último.

## **1. Composición química y características físicas**

La granilla y la cascarilla de soja son subproductos con un contenido en fibra muy elevado: contienen un 98 y un 40 por 100 más de FND que el heno de alfalfa (Tabla 1). Los contenidos en hemicelulosa (FND-FAD) y de celulosa (FAD-LAD) de la FND son similares en la cascarilla de soja y el heno de alfalfa (24 y 65 por 100 de media, respectivamente), mientras que para la granilla son menores (11 y 16 por 100, respectivamente).

Por el contrario, el grado de lignificación de la FND es muy superior en la granilla respecto a la cascarilla de soja y el heno de alfalfa (73, 4 y 17 por 100, respectivamente), destacando el elevado contenido en cutina de la granilla (57 por 100 de la FND y 78 por 100 de la

LAD) que es mucho mayor que el de la cascarilla de soja y el heno de alfalfa (36 y 31 por 100 de la LAD, respectivamente).

Los contenidos en proteína bruta de la granilla y la cascarilla de soja son menores que el del heno de alfalfa, y se encuentran proporcionalmente más ligados a la FND. El contenido de energía bruta es superior en la granilla respecto a la cascarilla de soja y heno de alfalfa, debido a su mayor porcentaje de extracto etéreo y a la elevada energía bruta de las fracciones lignina y cutina.

Cuadro 1. Composición química y características físicas de las fuentes de fibra estudiadas (% MS).

	Granilla desengrasada de uva	Cascarilla de soja	Heno de alfalfa
<b>Composición química</b>			
Materia seca	90,0	92,6	93,0
Cenizas	5,84	5,51	12,8
Extracto etéreo	3,60	2,61	1,53
FND	80,6	56,8	40,8
FAD	72,0	41,8	31,5
LAD	59,0	2,2	7,0
<b>CAD</b>	46,0	0,8	2,2
FB	46,3	33,1	27,6
PB	11,0	13,9	17,0
PB-FND	6,04	4,37	4,69
EB, kcal/kg MS	4.899	4.326	4.254
<b>Características físicas</b>			
PP > 0,315 mm	46,8	53,1	28,7
PP > 1,25 mm	1,8	3,67	2,09
DS, g MS/ml	0,345	0,595	0,620
CH	192	600	581

PB: Proteína bruta. FND: Fibra neutro detergente. FAD: Fibra ácido detergente. LAD: Lignina ácido detergente. CAD: Cutina ácido detergente. EB: Energía bruta. PP > 0,315 mm y PP > 1,25 mm: Proporción de partículas mayores de 0,315 y 1,25 mm, respectivamente, de las fuentes de fibra una vez incorporadas al pienso de conejos. DS: Densidad en seco. CH: Capacidad de hidratación.

Fuente: García et al., 1999a; García et al., 2000a; García et al., 2000b.

En lo que se refiere a la granulometría de estas fuentes de fibra en piensos de conejos (Cuadro 1), tanto la granilla como la cascarilla de soja muestran un mayor tamaño de partícula que el heno de alfalfa. Así, la granilla y la cascarilla de soja contienen, respectivamente, un 63 y un 85 por 100 más de partículas mayores de 0,315 mm que el heno de alfalfa. El contenido en partículas mayores de 1,25 mm es un 14 por 100 menor en la granilla respecto al heno de alfalfa, mientras que en la cascarilla de soja es un 76 por 100 mayor. La cascarilla de soja y el heno de alfalfa tienen una densidad en seco y una capacidad de hidratación muy similares, y mayores que la de la granilla (un 76 y un 207 por 100, respectivamente). La reducida capacidad de hidratación de la granilla posiblemente esté relacionada con su elevado grado de lignificación y cutinización, ya que son ambas sustancias hidrofóbicas (Van Soest, 1994).

## **2. Valoración nutritiva**

La digestibilidad de la energía de la granilla es de un 26,8 por 100, que es parecido al obtenido por diferencia para la FND (Cuadro 2), lo que supone un contenido en energía digestible de 1.317 kcal/kg MS. Este valor es superior al obtenido por García et al. (1996) para la paja tratada con sosa y cascarilla de girasol, subproductos fibrosos con un 10 por 100 menos de FND y un menor grado de lignificación de la misma. Sin embargo, Maertens y De Groote (1984) obtuvieron una digestibilidad de la energía menor (14,6 por 100) y, por tanto, una menor concentración de energía digestible (738 kcal/kg MS), utilizando un nivel de inclusión mayor de granilla (40 por 100). Las últimas Tablas publicadas sobre valoración de alimentos en conejos (Villamide et al., 1998) han asignado a este alimento una concentración de energía digestible de 743 kcal/kg MS, valor muy parecido al de la paja (722 kcal/kg MS).

Cuadro 2. Valor nutritivo de las fuentes de fibra.

	Granilla desengrasada de uva	Cascarilla de soja	Heno de alfalfa <sup>1</sup>
Método	Sustitución	Sustitución	Directo
(% inclusión)	(15)	(24)	(100)
ED, kcal/kg MS	1.317	1.475	1.845
Coeficientes de digestibilidad, %			
Energía	26,8	34,5	43,1
<b>PB</b>	46,8 <sup>1</sup>	30,0	71,9
FND	24,5 <sup>1</sup>	30,6	24,3

<sup>1</sup> Valor medio de 5 henos de alfalfa.

Fuente: García et al., 1995a; García et al., 1997b; García et al., 1999b; García et al., 2000b; <sup>1</sup>García et al., datos no publicados.

La digestibilidad de la FND de la granilla determinada por el método de sustitución es similar a la del heno de alfalfa (Cuadro 2). Sin embargo, cuando se determina la digestibilidad de la FND utilizando un pienso donde la única fuente de fibra era la granilla, se obtuvo un valor menor (8,6 por 100. Cuadro 3). Esta diferencia puede deberse al mayor grado de lignificación de la FND del pienso semipurificado de granilla respecto a la ración basal en la que se sustituyó un 15% de granilla (73 vs 20 por 100 respectivamente). Como consecuencia, el tiempo de fermentación podría haber sido más corto y la eficacia de la digestión microbiana menor (ver Cuadro 3). Por su parte, Maertens y De Groote (1984) determinaron un valor de digestibilidad de la fibra bruta de la granilla del 12 por 100.

La digestibilidad de la proteína de la granilla fue relativamente elevada y similar a la obtenida por Maertens y De Groote (1984) (46,8 y 45,1 por 100, respectivamente), si bien, son valores inferiores a los obtenidos para el heno de alfalfa (72 por 100. Cuadro 2). Estos valores concuerdan con el porcentaje de proteína ligado a la FND de la granilla (55 por 100).

Los valores de digestibilidad de la energía obtenidos para la cascarilla de soja tanto en el trabajo de Maertens y De Groote (1984), como en el de García et al. (1997b) (34,5 y 44,3 por 100, respectivamente), fueron ligeramente mayores que los observados para la digestibilidad de la FND (Cuadro 2), lo que podría ser consecuencia de la elevada digestibilidad de las pectinas (61 por 100, García et al., 1999a) y de los oligosacáridos. Estos autores obtuvieron unos contenidos de energía digestible para este alimento de 1.946 y 1.475 kcal/kg MS, respectivamente. Los cuadros más recientes sobre valoración de alimentos en conejos (Villamide et al., 1998) han asignado a este alimento una concentración en energía digestible de 1.912 kcal/kg MS, que es similar a la del heno de alfalfa con un contenido en proteína del 15 por 100 (1.967 kcal/kg MS).

La digestibilidad de la fibra de la cascarilla de soja debería de ser elevada a tenor del reducido grado de lignificación de su pared celular. Sin embargo, la digestibilidad de la FND determinada tanto por el método de sustitución (García et al., 1997b) como mediante la utilización de un pienso en donde la cascarilla de soja era la única fuente de fibra (García et al., 1999a) fue aproximadamente del 30 por 100 (Cuadro 2). Maertens y De Groote (1984) observaron un valor para la digestibilidad de la fibra bruta incluso menor (6 por 100) utilizando el método de sustitución.

La mayor parte de la pared celular de la cascarilla de soja está compuesta por celulosa y hemicelulosa que son digeridas lentamente por la flora microbiana (De Smet et al., 1995; Escalona et al., 1999). La digestión ruminal de la pared celular de la cascarilla es casi completa a las 72 h. Sin embargo, el tiempo medio de retención cecal de este alimento en conejos (14,1 h, García et al., 1999a) limita la digestión de la fibra. La digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (35 por 100, García et al., 1999a) es mayor que la de la FND debido a la elevada digestibilidad de las pectinas, componente de la pared celular que no es incluido en el residuo de FND. Este valor es menor que el encontrado en este mismo trabajo para el heno de alfalfa (39 por 100) y mayor que el correspondiente a la paja tratada (25 por 100).

La digestibilidad de la proteína de la cascarilla de soja fue relativamente baja en el trabajo de Maertens y De Groote (1984) y en el de García et al. (1997b) (54,4 y 30,0 por 100, respectivamente) en comparación con los obtenidos para distintos henos de alfalfa (García et al., 1995a). Lo mismo sucede en otras especies no rumiantes y, en parte, podría explicarse por la elevada proporción de proteína ligada a la fibra (31-43 por 100 de PB-FND sobre la PB total; García et al., 1997b; García et al., 2000a) o a un incremento de las pérdidas endógenas de nitrógeno en las heces duras. Sin embargo, la digestibilidad de la proteína podría variar en función de la cantidad de endospermo que permanezca unido a la cascarilla. En este sentido, sería de esperar una mayor digestibilidad al aumentar el contenido proteico de las muestras.

### **3. Fermentación cecal y actividad enzimática en el intestino delgado**

Los parámetros cecales determinados en animales alimentados con un pienso cuya única fuente de fibra era granilla o cascarilla de soja (García et al., 2000a; García et al., 2000b) se muestran en el cuadro 3. Estos resultados se compararon con los obtenidos con otro pienso basado en heno de alfalfa, que es la fuente de fibra mayoritaria en piensos de conejos.

El peso del contenido cecal, expresado como proporción del peso vivo, fue un 32 por 100 mayor en los animales que consumieron cascarilla de soja respecto a los que ingirieron granilla, mientras que los de heno de alfalfa mostraron un valor intermedio. Estos resultados concuerdan con el menor tiempo medio de retención cecal obtenido para la granilla respecto al pienso basado en cascarilla de soja (7,61 vs 14,1 h, respectivamente) y, en parte, explicaría el mayor nivel de ingestión de los animales que consumieron granilla (149 vs 129 g, respectivamente). Sin embargo, estos resultados no se corresponden con la proporción de partículas mayores de 0,315 mm en cada ingrediente, que deberían perjudicar la entrada y un mayor tiempo medio de retención de la digesta en el ciego (Björnhag, 1972; Gidenne, 1993; García et al., 1999a).

Cuadro 3. Efecto de la inclusión de granilla (GR), cascarilla de soja (CS), y heno de alfalfa (HA), como únicas fuentes de fibra en el pienso sobre la digestibilidad de la FND, parámetros relacionados con la fermentación cecal, velocidad de tránsito y actividad enzimática en el intestino delgado.

	61,3% GR	62,2% CS	75,2% HA
<i>Digestibilidad (n = 10)</i>			
Consumo, g MS/d	149	129	138
Digestibilidad de la FND, %	8,57	28,2	17,5
<i>Fermentación cecal y actividad enzimática (n = 10)</i>			
<b>Peso del contenido cecal, % peso vivo</b>	3,63	4,81	4,01
pH contenido cecal	6,26	5,61	5,83
N-NH <sub>3</sub> , mmol/l	23,9	11,8	9,6
<b>Actividad específica sacarásica</b>			
Yeyuno (μmol glucosa/g proteína y 30 min)	3.826	4.332	4.335
Íleon (μmol glucosa/g proteína y 30 min)	1.826	1.514	1.512
<b>Actividad específica maltásica</b>			
Yeyuno (μmol glucosa/g proteína y 30 min)	20.622	16.726	15.685
Íleon (μmol glucosa/g proteína y 30 min)	12.687	6.448	6.639
<i>Cecotrofia (n = 10)</i>			
Excreción cecótrofos, g MS/d	23,9	21,4	22,0
Reciclaje total de nitrógeno a través de los cecótrofos, g MS/d	0,62	1,07	1,00
Reciclaje de nitrógeno microbiano a través de los cecótrofos, g MS/d	0,26	0,48	0,66
<i>Velocidad de tránsito (n = 5)</i>			
Tiempo de tránsito, h	5,08	5,87	—
Tiempo medio de retención total, h	16,5	23,5	—
Tiempo medio de retención cecal, h	7,61	16,4	—

Fuente: García et al., 1997a; García et al., 1999a; García et al., 2000a; García et al., 2000b; García et al., 2000c; García et al., 2000d.

El pH cecal fue más ácido en los animales que ingirieron cascarilla de soja que en los que consumieron heno de alfalfa, mientras el de los que ingirieron granilla fue más básico. Este resultado indicaría que los animales que consumieron cascarilla de soja respecto a las otras fuentes de fibra, tienen el contenido cecal seco más ácido, y además

tendrían una mayor concentración de ácidos grasos volátiles (García et al., 1999a).

Los animales que ingirieron granilla excretaron un 10 por 100 más de cecótrofos que los que consumieron cascarilla de soja y heno de alfalfa, si bien, reciclaron un 40 por 100 menos de nitrógeno a través de los mismos. El reciclaje diario de nitrógeno microbiano fue menor en los animales que ingirieron cascarilla de soja y granilla, respecto aquellos que consumieron heno de alfalfa (un 27 y un 61 por 100, respectivamente). El factor limitante de la síntesis de nitrógeno microbiano en los animales alimentados con granilla probablemente fuese la cantidad de energía disponible en el ciego o el reducido tiempo medio de retención cecal (7,61 h), ya que la concentración de amoníaco cecal fue muy elevada (23,9 mmol/l).

Por último, se ha estudiado la influencia que ejercen estas fuentes de fibra sobre la actividad de las disacaridasas en el intestino delgado, ya que en trabajos previos se ha observado un efecto negativo de la concentración en lignina del pienso sobre la misma y sobre la morfología de la mucosa intestinal (Chiou et al., 1994; García et al., 1997a). Los animales alimentados con cascarilla de soja tuvieron actividades sacarásicas y maltásicas muy similares a los alimentados con heno de alfalfa (Cuadro 3), mientras que aquellos que tomaron granilla mostraron, en general, una actividad ezimática superior (entre un 21 y un 94 por 100). Estos resultados indican que la granilla afecta positivamente a la capacidad enzimática en el intestino delgado, lo que podría reflejar una mayor capacidad funcional de la mucosa de los animales alimentados con esta fuente de fibra (Tang et al., 1999), y, por tanto, beneficiar la digestión de los hidratos de carbono.

## **4. Rendimientos productivos**

### **4.1. Efecto de la inclusión de granilla desengrasada de uva sobre los rendimientos productivos de conejos en crecimiento**

La utilización de granilla en piensos de conejos se ha estudiado mediante la sustitución de un 15,2 por 100 de un pienso comercial (o

ración basal: 17 por 100 PB, 41 por 100 FND, 5,7 por 100 LAD, sobre MS) por granilla (García et al., 1999b y c).

La inclusión de granilla redujo la digestibilidad de la energía y de la FND, sin modificar la de la proteína (Cuadro 4). Esto se tradujo en una disminución del 7,2 por 100 del contenido en energía digestible y en un incremento del 9,6 por 100 del consumo durante el periodo total de cebo. Este aumento del consumo es 2,4 unidades porcentuales superior a la reducción que se produce en el contenido de energía digestible en el pienso con granilla, lo que supone que los animales alimentados con este pienso ingirieron diariamente un 1,6 por 100 más de energía digestible. Esto explicaría la mayor velocidad de crecimiento observada al incorporar un 15,2 por 100 de granilla en la ración (42,8 vs 44,2 g/d).

Este sobreconsumo observado en los animales que ingirieron el pienso con un 15,2 por 100 de granilla podría deberse a una reducción del tiempo medio de retención cecal (García et al., 2000b) que se reflejaría en la disminución observada en el peso del contenido cecal (Cuadro 4). Este incremento del consumo redujo el índice de transformación únicamente un 5,3 por 100, valor menor de lo esperado.

La inclusión de granilla no modificó la mortalidad durante el cebo, ni los parámetros relacionados con la fermentación (pH y concentración cecal de ácidos grasos volátiles y N-NH<sub>3</sub>), ni las actividades específicas maltásica (en yeyuno e íleon) y sacarásica (en yeyuno) (García et al., 2000d). Sin embargo, estos autores observaron que la utilización de granilla aumentó un 36 por 100 la actividad específica sacarásica en el íleon, lo que podría estar relacionado con una mayor capacidad funcional de la mucosa ileal (Tang et al., 1999) y con los mejores rendimientos obtenidos con el pienso con granilla.

En definitiva, los resultados de estos trabajos muestran la posibilidad de incrementar la inclusión de granilla desengrasada de uva en piensos de conejos en crecimiento sin perjudicar sus rendimientos productivos.

Cuadro 4. Efecto de la sustitución de un 15,2 por 100 de una ración basal (pienso comercial) por granilla desengrasada de uva sobre los rendimientos productivos de gazapos en crecimiento.

	Ración basal <sup>1</sup>	15,2% Granilla	EEM	P
<i>Prueba de digestibilidad (n = 9)</i>				
Consumo, g MS/d	155	178	5,9	0,018
Digestibilidad de la energía, %	57,8	52,9	0,53	0,001
Digestibilidad de la FND, %	29,7	23,6	1,38	0,009
Digestibilidad de la PB, %	73,9	71,9	1,03	NS <sup>2</sup>
Energía digestible, kcal/kg MS	2.537	2.352	23.6	0.001
<i>Prueba de fermentación cecal (n = 20)</i>				
Peso del contenido cecal, % peso vivo	4,97	4,58	0,14	0,06
pH cecal	5,68	5,64	0,05	NS
N-NH <sub>3</sub> , mmol/l	9,63	10,5	0,73	NS
Ácidos grasos volátiles, mmol/l	73,7	75,6	2,51	NS
<i>Prueba de cebo (n = 84)</i>				
Ganancia media diaria, g	42,8	44,2	0,41	0,050
Consumo medio diario, g	125	137	1,06	0,001
Índice de transformación, g ganancia/g consumo	0,342	0,324	0,003	0,001
Mortalidad, %	7,14	13,1	—	NS

<sup>1</sup>Los ingredientes incluidos en la ración basal fueron (en %): heno de alfalfa (30,3), salvado (33), paja de cereal (5), pulpa de remolacha (4), raicilla de S. Martín (4), germen de maíz (6,02), cebada (2), melaza de caña (2,5), manteca (1,09), girasol-28 (2,9), soja-44 (1,89), DDGS maíz (2), gluten feed (2), granilla de uva (1,64), cloruro de colina (0,03), alimet (0,01), lisina líquida 50% (0,09), treonina (0,04), robenidina (0,1), carbonato (0,64), sal (0,5), minerales y vitaminas (0,17).

<sup>2</sup>NS = No significativo (P > 0,10).

Fuente: García et al., 1999b; García et al., 1999c.

#### **4.2. Efecto de la inclusión de cascarilla de soja sobre los rendimientos productivos de conejos en crecimiento y conejas reproductoras.**

El efecto de sustituir gradualmente una mezcla de heno de alfalfa y paja de cebada tratada con sosa (50:50) por cascarilla de soja sobre varios parámetros digestivos y productivos ha sido estudiado recientemente por Nicodemus et al. (1999a). Los piensos utilizados fueron iso-fibrosos (alrededor de 43 por 100 FND sobre MS) y cubrían todas las necesidades de nutrientes esenciales para conejos (De Blas y Mateos, 1998). Todos los piensos tuvieron un tamaño de partícula similar, variando la proporción de partículas mayores de 0,315 mm entre un 28,7 y un 32,9 por 100, y difirieron en la concentración de LAD, que disminuyó desde un 5,9 hasta un 3,3 por 100 al aumentar el nivel de inclusión de cascarilla de soja. Los resultados obtenidos en este trabajo se muestran en los cuadros 5 y 6.

El consumo, que fue medido independientemente en tres experimentos distintos, tendió a disminuir (alrededor de un 10 por 100) con el mayor nivel de inclusión de cascarilla de soja (40 por 100), sin observarse diferencias entre los piensos con menores niveles de inclusión. También se observó un efecto paralelo del pienso sobre el peso del contenido cecal, lo que concuerda con observaciones previas realizadas utilizando raciones semipurificadas (Cuadro 3). Este efecto podría deberse al relativamente elevado tiempo medio de retención cecal de la cascarilla de soja (Cuadro 3), que podría estar relacionado bien con una velocidad de fermentación más lenta, bien con la menor concentración de lignina de la cascarilla de soja con respecto a la mezcla de alfalfa y paja. Gidenne y Pérez (1994) también han observado un mayor tiempo medio de retención cecal al reducir el contenido de LAD del pienso. En este sentido, De Blas et al. (1999) establecieron una relación negativa entre el tiempo medio de retención cecal y el peso del contenido cecal con el consumo de alimento.

La acumulación de digesta en el ciego observada al introducir un 40% de cascarilla de soja en el pienso condujo a un menor consumo de alimento y a un descenso significativo (de un 5 por 100) en la ganan-

cia media diaria durante el período de cebo con respecto a la media de los otros tres piensos. Sin embargo, las digestibilidades de la FND y de la energía mejoraron en un 19 y un 4 por 100, respectivamente ( $P < 0,001$ ), por lo que el índice de transformación (g incremento de peso/g alimento ingerido) aumentó un 6 por 100 ( $P = 0,03$ ). La inclusión de cascarilla no afectó a la mortalidad.

La digestibilidad de la proteína se redujo linealmente ( $P < 0,001$ ) con la inclusión de cascarilla de soja, lo que se debería a la menor digestibilidad de la proteína de la cascarilla respecto a la del heno de alfalfa (Cuadro 2). La inclusión de cascarilla de soja redujo linealmente el reciclaje de proteína bruta a través de los cecótrofos ( $P = 0,05$ ), lo que también podría estar relacionado con el descenso en la digestibilidad de la PB. La concentración cecal de ácidos grasos volátiles aumentó linealmente con la inclusión de cascarilla de soja ( $P = 0,05$ ), lo que se reflejó en una acidificación del ciego de los animales que ingirieron un 40 por 100 de este alimento. No se observó efecto alguno de la utilización de cascarilla de soja sobre las actividades específicas sacarásicas y maltásicas en el intestino delgado (Nicodemus et al., datos sin publicar).

Los mismos piensos utilizados en el experimento anterior fueron suministrados a conejas en lactación y gazapos de 21 a 30 d de edad (Cuadro 6). El consumo de las conejas, la producción de leche y el peso de la camada a los 21 d de edad disminuyeron linealmente (13 por 100 de media.  $P < 0,02$ ) con el nivel de inclusión de cascarilla de soja. Sin embargo, el tratamiento no afectó al consumo ni al crecimiento de los gazapos jóvenes. Además, el índice de transformación (expresado como kg de gazapos destetados/kg de alimento ingeridos por las conejas y los gazapos) fue un 8,7 por 100 superior ( $P = 0,02$ ) para el mayor nivel de inclusión de cascarilla de soja que para la media de los otros tres piensos.

Los resultados de este trabajo indican que la cascarilla de soja puede incluirse hasta un 27 por 100 en piensos de conejos en crecimiento sin perjudicar los rendimientos productivos, mientras que la utilización de niveles crecientes de este alimento en conejas reproductoras reduce el consumo y la producción de leche de las mismas.

### **4.3. Efecto de la inclusión de granilla desengrasada de uva y cascarilla de soja sobre los rendimientos productivos de conejos en crecimiento y conejas reproductoras.**

Para confirmar si los resultados obtenidos anteriormente se debían a un exceso de cascarilla de soja o a un déficit de lignina, Nicodemus et al. (1999<sub>b</sub> y 2000) formularon cuatro piensos isofibrosos, isolignificados (alrededor de 42.5 por 100 FND y 7 por 100 LAD, ambos sobre MS), y con un contenido similar de partículas mayores de 0,315 mm (entre un 32.2 y un 36.9 por 100). Para ello, sustituyeron gradualmente heno de alfalfa (14 por 100), cascarilla de girasol (14 por 100) y paja tratada con sosa (12 por 100), por una mezcla de cascarilla de soja y granilla (81:19). Con la inclusión de granilla junto a la cascarilla de soja en la mezcla se equilibra el contenido en lignina del pienso y se trata de evitar un excesivo tiempo medio de retención cecal que limite el consumo de los animales. Las raciones cubrían todas las necesidades de nutrientes esenciales para conejos (De Blas y Mateos, 1998).

Los resultados obtenidos en este trabajo se muestran en los Cuadros 7 y 8. La inclusión de cascarilla de soja y granilla no modificó la digestibilidad de la energía y de la FND, pero redujo la digestibilidad de la proteína (Cuadro 7). Esto se debería posiblemente a la menor digestibilidad de la proteína de la cascarilla de soja con respecto a la del heno de alfalfa (Cuadro 2). La utilización de cascarilla de soja y granilla tampoco alteró los parámetros relacionados con la cecotrofia y la mortalidad durante el cebo. Sin embargo, el nivel más alto de inclusión de cascarilla de soja y granilla (32,5 y 7,5 por 100, respectivamente) redujo en un 4,1 por 100 el consumo, lo que se tradujo en un descenso de la ganancia media diaria de un 5,1 por 100, y, por tanto, no alteró el índice de transformación. En este caso, el descenso del consumo no se debería a un déficit de lignina, sino al elevado nivel de inclusión de cascarilla de soja. Este efecto estaría relacionado con el elevado tiempo medio de retención cecal de este alimento y con la acumulación de digesta que produce en el ciego (Cuadros 3 y 5).

La utilización de cascarilla de soja y granilla no afectó al consumo de las conejas, si bien con los mayores niveles de inclusión de estos alimentos la producción de leche y el número de nacidos vivos por

camada tendieron a disminuir un 6 por 100 ( $P = 0,12$ ) y un 10 por 100 ( $P = 0,09$ ), respectivamente (Cuadro 8). La utilización de cascarilla de soja y granilla no alteró los rendimientos de los gazapos lactantes.

Los resultados de estos trabajos muestran que la inclusión de niveles elevados de cascarilla de soja (32,5 por 100) tiene poco efecto sobre los rendimientos productivos si se mantiene el nivel de lignina del pienso. Así, podría ser interesante el uso de cascarilla de soja en combinación con subproductos muy lignificados de menor coste como la granilla desengrasada de uva, en piensos de conejos.

## **5. Rendimientos productivos: conclusiones**

1. La granilla desengrasada de uva tiene un contenido en energía digestible (1.317 kcal/kg MS) superior a lo esperado de acuerdo con su elevado grado de lignificación (59 por 100 LAD sobre MS).
2. La cascarilla de soja no es muy digestible en conejos a pesar de su reducido grado de lignificación. La digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (35 por 100) y su contenido en energía digestible (1.475 kcal/kg MS) son similares a los del heno de alfalfa.
3. Un nivel de inclusión de un 15 por 100 de granilla favorece la ingestión de alimento y mejora la velocidad de crecimiento en animales en cebo.
4. La cascarilla de soja puede introducirse en piensos de conejos en cebo hasta niveles del 27 por 100 sin perjudicar los rendimientos productivos. Sin embargo, niveles de inclusión mayores (40 por 100) producen una acumulación de digesta en el ciego y reducen el consumo y la velocidad de crecimiento. Las conejas en lactación alimentadas con niveles crecientes de cascarilla de soja tienden a reducir ligeramente de forma lineal el consumo de alimento y la producción de leche.
5. La utilización de una combinación de cascarilla de soja y granilla (en una proporción 81:19) permite incluir hasta un 32,5 por 100 de cascarilla de soja y sustituir completamente el heno de alfalfa en piensos de cebo y de conejas en lactación sin perjudicar los rendimientos productivos.

Cuadro 5. Efecto de la sustitución de heno de alfalfa y paja de cebada tratada con sosa por cascarilla de soja sobre varios parámetros relacionados con la digestión y el rendimiento en cebo de los conejos.

	Piensos <sup>1</sup>				EEM	Contrastes <sup>2</sup>		
	A	B	C	D		1	2	3
Nivel de inclusión de heno de alfalfa, %	20,0	13,3	6,6	0				
Nivel de inclusión de paja de cebada tratada con sosa, %	20,0	13,3	6,6	0				
Nivel de inclusión de cascarilla de soja, %	0	13,3	26,6	40,0				
<i>Prueba de digestibilidad (n = 10)</i>								
Consumo, g MS/d	155	159	156	139	8,03	0,06	NS <sup>3</sup>	NS
Digestibilidad de la energía, %	55,0	56,3	54,7	57,5	0,70	0,01	NS	NS
Digestibilidad de la FND, %	20,9	24,6	22,9	27,1	1,20	0,004	NS	NS
Digestibilidad de la PB, %	76,6	73,4	72,2	71,2	0,70	0,004	NS	NS
Energía digestible, kcal/kg MS	2.509	2.543	2.457	2.554	31.5	NS	NS	NS
<i>Prueba de cecotrofia (n = 11)</i>								
Consumo 3 d previos, g MS/d	143	158	160	133	9,06	0,05	NS	NS
Excreción de cecótrofos, g MS/d	29,2	26,6	24,8	24,1	1,99	NS	NS	NS
Reciclaje total de nitrógeno a través de los cecótrofos, g MS/d	1,28	1,18	1,05	1,01	0,48	NS	NS	NS
<i>Prueba de fermentación cecal (n = 10)</i>								
Consumo, g MS/d	160	172	174	134	9,6	0,07	NS	NS
Peso del contenido cecal, % peso vivo	4,29	4,60	4,57	5,13	0,22	0,02	NS	NS
pH cecal	5,99	5,97	5,92	5,80	0,05	0,009	NS	NS
N-NH <sub>3</sub> , mmol/l	9,14	6,86	7,64	8,43	1,13	NS	NS	NS
Ácidos grasos volátiles, mmol/l	59,6	65,4	70,8	72,6	4,86	NS	NS	NS
<i>Prueba de cebo (n = 40)</i>								
Consumo, g/d	122	123	123	110	1,81	0,001	NS	NS
Ganancia media diaria, g	42,3	41,4	43,0	40,2	0,78	0,04	NS	NS
Índice de transformación, g ganancia/g consumo	0,34	0,34	0,35	0,36	0,005	0,03	NS	NS
Mortalidad, %	7,50	10,0	7,50	17,5	5,53	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Ración basal (en %): Girasol integral (14,7), cebada (7,57), melaza caña (1), manteca (2,07), soja integral (7), gluten maíz 20 (4,9), salvado (20), carbonato cálcico (0,92), fosfato cálcico (0,98), cloruro sódico (0,48), cloruro de colina 75 (0,03), alimet (0,04), robenidina 6,6% (0,1), minerales y vitaminas (0,16).

<sup>2</sup> 1 = Pienso D vs C, B, A; 2 = Pienso C vs B, A; 3 = Pienso B vs A. <sup>3</sup>NS = No significativo (P > 0,10).

Fuente: Nicodemus et al., 1999a.

Cuadro 6. Efecto de la sustitución de heno de alfalfa y paja de cebada tratada con sosa por cascarilla de soja sobre los rendimientos productivos de conejas en lactación y gazapos antes del destete (Nicodemus et al., 1999a).

	Piensos				EEM <sup>1</sup>	Contrastes <sup>2</sup>		
	A	B	C	D		1	2	3
Nivel de inclusión de heno de alfalfa, %	20,0	13,3	6,6	0				
Nivel de inclusión de paja de cebada tratada con sosa, %	20,0	13,3	6,6	0				
Nivel de inclusión de cascarilla de soja, %	0	13,3	26,6	40,0				
<i>Conejas reproductoras</i>								
Consumo de las conejas, g/d	413	385	378	353	8,97	0,001	0,05	0,03
Producción de leche por lactación, kg	6,17	5,48	5,42	5,33	0,19	NS <sup>3</sup>	0,09	0,02
Número de nacidos vivos por camada	9,54	10,3	9,00	10,0	0,47	NS	NS	NS
Número de destetados por camada	8,58	8,07	8,20	8,91	0,40	NS	NS	NS
<i>Camada</i>								
Consumo de la camada entre los 21 y 30 d de edad, g/d	152	148	146	141	10,7	NS	NS	NS
Ganancia media diaria de los gazapos entre los 21 y 30 d de edad, g	25,4	23,9	24,8	25,8	1,31	NS	NS	NS
Peso de la camada a los 21 d de edad, kg	3,11	2,86	2,82	2,80	0,09	N	NS	0,07
Peso de la camada al destete, kg	5,17	4,85	4,86	4,93	0,17	NS	NS	NS
Índice de transformación, kg destetados/kg consumidos	0,42	0,42	0,43	0,46	0,014	0,02	NS	NS

<sup>1</sup>n = 12.

<sup>2</sup>1 = Pienso D vs C, B, A; 2 = Pienso C vs B, A; 3 = Pienso B vs A. <sup>3</sup>NS = No significativo (P > 0,10).

Fuente: Nicodemus et al., 1999a.

Cuadro 7. Efecto de la sustitución de heno de alfalfa, cascarilla de girasol y paja de cebada tratada con sosa por granilla desengrasada de uva y cascarilla de soja en piensos isofibrosos e isolignificados sobre varios parámetros relacionados con la digestión y el rendimiento en cebo de los conejos (Nicodemus et al., 1999b).

	Pensos <sup>1</sup>				EEM <sup>1</sup>	Contrastes <sup>2</sup>		
	A	B	C	D		1	2	3
Nivel de inclusión de heno de alfalfa, %	14,0	9,34	4,66	0				
Nivel de inclusión de cascarilla de girasol, %	14,0	9,34	4,66	0				
Nivel de inclusión de paja de cebada tratada con sosa, %	12,0	8,10	4,10	0				
Nivel de inclusión de granilla desengrasada de uva, %	0	2,50	5,00	7,50				
Nivel de inclusión de cascarilla de soja, %	0	10,80	21,7	32,5				
<i>Prueba de digestibilidad (n = 9)</i>								
Consumo, g MS/d	131	139	136	133	4,85	NS <sup>3</sup>	NS	NS
Digestibilidad de la energía, %	56,7	54,6	54,0	55,5	0,90	NS	NS	NS
Digestibilidad de la FND, %	22,3	19,5	22,0	22,5	1,60	NS	NS	NS
Digestibilidad de la PB, %	75,6	73,7	72,4	70,3	1,00	0,005	0,08	NS
Energía digestible, kcal/kg MS	2.509	2.438	2.390	2.462	39,9	NS	NS	NS
<i>Prueba de cecotrofia (n = 10)</i>								
Consumo 3 d previos, g MS/d	133	139	141	135	5,03	NS	NS	NS
Excreción de cecótrofos, g MS/d	24,1	24,4	25,8	25,2	1,43	NS	NS	NS
Reciclaje total de nitrógeno a través de los cecótrofos, g MS/d	0,91	0,96	0,97	0,96	0,23	NS	NS	NS
<i>Prueba de cebo (n = 40)</i>								
Consumo, g/d	37,6	36,6	37,8	35,8	0,57	0,03	NS	NS
Ganancia media diaria, g	111	111	113	106	1,50	0,006	NS	NS
Índice de transformación, g ganancia/g consumo	0,338	0,329	0,333	0,335	0,005	NS	NS	NS
Mortalidad, %	2,5	12,5	7,5	2,5	0,05	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Ración basal (en %): Cebada (13), melaza caña (1,5), Manteca (0,91), girasol integral (10), torta de soja (11,7), gluten de maíz 20 (2), salvado de trigo (19,4), carbonato cálcico (0,63), cloruro sódico (0,45), cloruro de colina 75 (0,03), alimet (0,06), robenidina 6,6% (0,1), minerales y vitaminas (0,17).

<sup>2</sup>1 = Pienso D vs C, B, A; 2 = Pienso C vs B, A; 3 = Pienso B vs A. <sup>3</sup>NS = No significativo (P > 0,10).

Fuente: Nicodemus et al., 1999a.

Cuadro 8. Efecto de la inclusión de granilla desengrasada de uva y cascarilla de soja en piensos isofibrosos e isolignificados sobre los rendimientos productivos de conejas en lactación y gazapos antes del destete (Nicodemus et al., 1999b).

	Pensos				EEM <sup>1</sup>	Contrastes <sup>2</sup>		
	A	B	C	D		1	2	3
Nivel de inclusión de heno de alfalfa, %	14,0	9,34	4,66	0				
Nivel de inclusión de cascarilla de girasol, %	14,0	9,34	4,66	0				
Nivel de inclusión de paja de cebada tratada con sosa, %		12,0	8,10	4,10	0			
Nivel de inclusión de granilla desengrasada de uva, %	0	2,50	5,00	7,50				
Nivel de inclusión de cascarilla de soja, %	0	10,80	21,7	32,5				
<i>Conejas reproductoras</i>								
Consumo de las conejas, g/d	434	434	422	411	14,1	NS <sup>3</sup>	NS	NS
Producción de leche por lactación, kg	5,68	5,51	5,59	5,25	0,18	NS	NS	NS
Número de nacidos vivos por camada	9,86	10,2	9,83	8,93	0,51	0,09	NS	NS
Número de destetados por camada	8,64	8,66	8,30	8,14	0,45	NS	NS	NS
<i>Camada</i>								
Consumo de la camada entre los 21 y 30 d de edad, g/d	154	187	166	176	11,0	NS	NS	0,07
Ganancia media diaria de los gazapos entre los 21 y 30 d de edad, g	22,3	27,0	23,9	26,0	1,21	NS	NS	0,02
Peso de la camada a los 21 d de edad, kg	3,03	2,98	2,87	2,86	0,09	NS	NS	NS
Peso de la camada al destete, kg	4,89	5,19	4,88	5,01	0,14	NS	NS	NS
Índice de transformación, kg destetados/kg consumidos	0,375	0,404	0,388	0,408	0,012	NS	NS	NS

<sup>1</sup>n = 14.

<sup>2</sup>1 = Pienso D vs C, B, A; 2 = Pienso C vs B, A; 3 = Pienso B vs A.

<sup>3</sup>NS = No significativo (P > 0,10).

Fuente: Nicodemus et al., 1999a.

## 5. Principales fuentes consultadas

- BJÖRNHAG G., 1972. Separation and delay of contents in the rabbit colon. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 7, 105-114.
- CHIOU, P.W.S., YU, B., LIN, CH., 1994. Effect of different components of dietary fiber on the intestinal morphology of domestic rabbits. *Comparative Biochemistry Physiology*, 108A:629-638.
- DE BLAS J.C., MATEOS G.G., 1998. Feed formulation. In: *The Nutrition of the Rabbit*, pp 241-254, De Blas J.C., Wiseman J.(Eds), CAB Int., Wallingford.
- DE BLAS J.C., GARCÍA J., CARABAÑO R., 1999. Role of fibre in rabbit diets: a review. *Annales Zootechnie*, 48: 3-13.
- DE BLAS J.C., VILLAMIDE M.J., CARABAÑO R., 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits. 1. Wheat straw. *Journal of Applied Rabbit Research*, 12, 148-151.
- DE SMET J.L., BOEVER J.L., BRABANDER D.L., VANACKER J.M., BOUCQUE C.V., 1995. Investigation of dry matter degradation and acidotic effect of some feedstuffs by means of in sacco and in vitro incubations. *Animal Feed Science and Technology*, 51, 291-315.
- ESCALONA B., ROCHA R., GARCÍA J., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 1999. Characterization of in situ fibre digestion of several fibrous foods. *Animal Science*, 68, 217-221.
- FRAGA M.J., PÉREZ P., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 1991. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *Journal of Animal Science*, 69, 1566-1574.
- GARCÍA, A.I., GARCÍA, J., DE BLAS, C., PIQUER, J., CARABAÑO, R., 1997a. Efecto de la fuente de fibra sobre la actividad enzimática de la amilasa pancreática y las sacarosas en yeyuno e íleon. *ITEA*, 18: 190-192.
- GARCÍA J., PEREZ-ALBA L., ALVAREZ C., ROCHA R., RAMOS M., DE BLAS C., 1995a. Prediction of the nutritive value of lucerne

- hay in diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 54: 33-44.
- GARCÍA, J., DE BLAS J.C., CARABAÑO R., GARCÍA P. 1995b. Effect of type of lucerne hay on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. *Reproduction Nutrition Development*, 35:267-275.
  - GARCÍA J., VILLAMIDE M.J., DE BLAS J.C. 1996. Energy, protein and fibre digestibility of sunflower hulls, olive leaves and NaOH-treated barley straw for rabbits. *World Rabbit Science*, 4:205-209.
  - GARCÍA J., VILLAMIDE M. J., DE BLAS C., 1997b. Energy, protein and fibre digestibility of soya bean hulls for rabbits. *World Rabbit Science*, 5: 111-113.
  - GARCÍA J., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 1999a. Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *Journal of Animal Science*, 77: 898-905.
  - GARCÍA J., NICODEMUS N., CARABAÑO R., DE BLAS C., 1999b. Efecto de la inclusión de granilla desengrasada de uva en piensos de conejos en crecimiento sobre los rendimientos productivos y determinación de su valor energético. *ITEA*, 20: 469-471.
  - GARCÍA J., NICODEMUS N., GARCÍA A., CARABAÑO R., DE BLAS C., 1999c. Efecto de la inclusión de granilla desengrasada de uva en piensos de conejos en crecimiento sobre los parámetros digestivos. *ITEA*, 20: 466-468.
  - GARCÍA J., PEREZ-ALBA L., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 2000a. Effect of fiber source on cecal fermentation and nitrogen recycled through cecotrophy in rabbits. *Journal of Animal Science*, 78:638-646.
  - GARCÍA J., NICODEMUS N., PEREZ-ALBA L., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 2000b. Characterization of fibre digestion of grape-seed meal and sunflower hulls in rabbits. I. Fibre digestibility and rate of passage. *7th World Rabbit Congress*. Valencia.

- GARCÍA J., NICODEMUS N., ESPINOSA A., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 2000c. Characterization of fibre digestion of grape-seed meal and sunflower hulls in rabbits. II. Caecal and caecotrophy traits. *7th World Rabbit Congress*. Valencia.
- GARCÍA J., NICODEMUS N., ESPINOSA A., PEREZ-ALBA L., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 2000d. Effect of inclusion of grape-seed meal on disaccharidase activity in the small intestine of growing rabbits. *7th World Rabbit Congress*. Valencia.
- GIDENNE T., 1992. Effect of fibre level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbit. *British Journal of Nutrition*, 67:133-146.
- GIDENNE T., 1993. Measurement of the rate of passage in restricted-fed rabbits: Effect of dietary cell wall level on the transit of fiber particles of different sizes. *Animal Feed Science and Technology*, 42, 151-163.
- GIDENNE T., PEREZ J.M., 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. 1. Conséquences sur la digestion et le transit. *Annales Zootechnie*, 43, 313-322.
- GIDENNE T., CARRÉ B., SEGURA M., LAPANOUSE A., GÓMEZ J., 1991. Fibre digestion and rate of passage in the rabbit: Effect of particle size and level of lucerne meal. *Animal Feed Science and Technology*, 32, 215-221.
- MAERTENS L., DE GROOTE G. (1984). Digestibility and digestible energy of a number of feedstuffs for rabbits. *Proc. III World Rabbit Congress*. Rome, Vol.I:244-251.
- MATEOS G.G., RIAL E. (1989). Tecnología para la fabricación de piensos compuestos para conejos. En: *Alimentación del conejo*. Ed. Mundi-Prensa. pp 101-132. Madrid.
- NICODEMUS N., CARABAÑO R., GARCÍA J., MENDEZ J., DE BLAS C., 1999a. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary lignin content. *Animal Feed Science and Technology*, 80: 43-54.

- NICODEMUS N., GARCÍA J., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 1999b. Efecto de la inclusión de cascarilla de soja en dietas isofibrosas e isolignificadas sobre la productividad de conejas en lactación. *ITEA*, 20, 472-474.
- NICODEMUS N., GARCÍA J., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 2000. Performance response of growing rabbits to inclusion level of soya bean hulls and grape seed meal. *7th World Rabbit Congress*. Valencia.
- TANG, M., LAARVELD, B., VAN KESSEL, A.G., HAMILTON, D.L., ESTRADA, A., PATIENCE, J.F., 1999. Effect of segregated early weaning on postweaning small intestinal development in pigs. *Journal of Animal Science*. 77:3191-3200.
- VAN SOEST J. P., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2<sup>nd</sup> Ed. Cornell University Press. Ithaca, London.
- VILLAMIDE M.J., DE BLAS C., CARABAÑO R., 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits. 2. Wheat bran, corn gluten feed and dried distillers grains and solubles. *Journal of Applied Rabbit Research*, 12: 152-155.
- VILLAMIDE M.J., MAERTENS L., DE BLAS J.C., PEREZ J.M., 1998. Feed evaluation. In: *The Nutrition of the Rabbit*, pp 89-101, De Blas J.C., Wiseman J.(Eds), CAB Int., Wallingford.

## CAPÍTULO VI.2

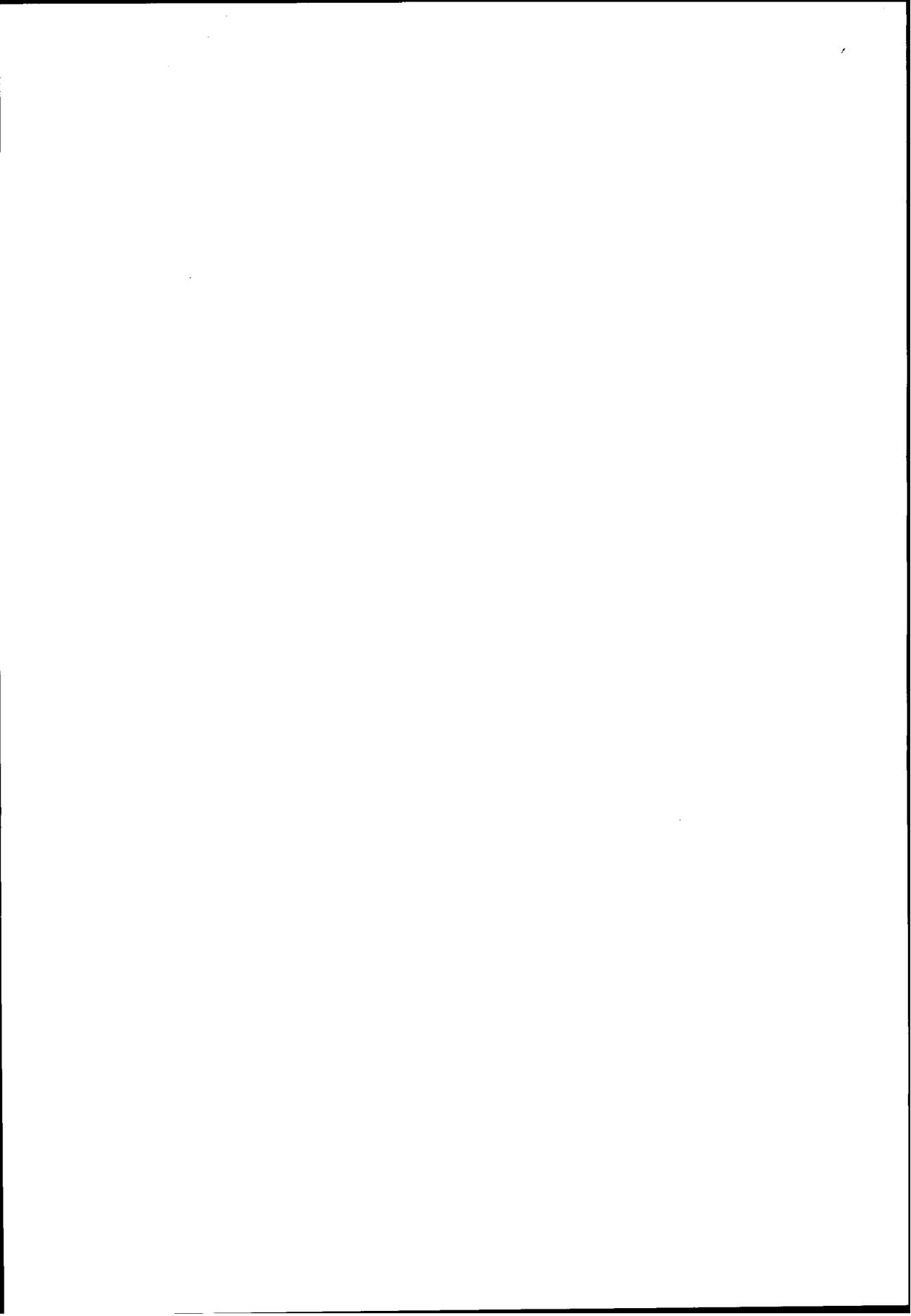
# **COMPARACIÓN ENTRE TIPOS GENÉTICOS DE CONEJAS REPRODUCTORAS EN CONDICIONES DE CAMPO: ABUELAS PRAT (IRTA) Y MADRES CRUZADAS VERDE (UPV) X PRAT (IRTA)**

Sara Barceló Suñer



# ÍNDICE

- 0. Introducción
  - 1. Material y Métodos
    - 1.1. Material animal
    - 1.2. Descripción de las granjas
    - 1.3. Recogida de datos (Sistema PCR)
    - 1.4. Dimensión de las experiencias de campo
    - 1.5. Caracteres estudiados
    - 1.6. Modelos de análisis
  - 2. Resultados
    - 2.1. Experiencia 1
    - 2.2. Experiencia 2
  - 3. Resumen y primeras conclusiones
- Principales fuentes consultadas



## 0. Introducción

La producción de carne de conejo ocupa el quinto puesto en importancia dentro de la producción final ganadera española con un 2,9 por 100 de cuota. Está situada después del sector porcino 55.7 por 100, el avícola 21.2 por 100, el vacuno 14.2 por 100 y el ovino 5.8 por 100 (MAPA, 1997). En estos últimos años la producción se ha incrementado pasando de 110.882 tm en el año 1995 a 128.864 tm de carne en el año 1998 (INE, 1999).

Este incremento ha estado directamente relacionado con la intensificación y especialización del sector cunícola, fruto de las mejoras tecnológicas en instalaciones y sobre todo una mejora genética del material animal reproductor.

El trabajo de difusión de reproductores desarrollado por el IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries) y por la UPV (Universidad Politécnica de Valencia), se centra en que los cunicultores hagan uso de líneas sintéticas de conejos seleccionadas genéticamente a través de un esquema de cruzamiento a tres vías (Baselga y Blasco, 1989). El primer cruzamiento del esquema permite a las granjas de producción la obtención de las hembras cruzadas a partir de dos líneas seleccionadas por caracteres relacionados con la prolificidad (por ejemplo líneas Prat (IRTA) y Verde (UPV) seleccionadas por tamaño de la camada al destete). El segundo cruce, terminal, precisa de la participación de machos procedentes de líneas especializadas para el carácter velocidad de crecimiento (por ejemplo, líneas Caldes (IRTA) o Rosa (UPV)).

Este esquema permite aprovechar los efectos de la heterosis de los caracteres reproductivos en las hembras cruzadas (Verde x Prat) y los efectos de la complementariedad en los resultados de crecimiento

y aprovechamiento del pienso de los gazapos fruto del cruce terminal (Caldes x (Verde x Prat)) (Gómez et al., 1998a).

El objetivo del presente trabajo es doble:

- a. La comparación entre hembras cruzadas Verde x Prat y abuelas de la línea Prat, considerando algunos índices de interés zootécnico y analizando los caracteres de prolificidad en condiciones de campo.
- b. Estudio comparativo entre hembras cruzadas Verde x Prat nacidas en la misma explotación o fuera de ésta, hembras de la línea Prat y hembras de autorreposición a partir de los gazapos para matadero.

Con el tipo de datos de que se dispuso, no era posible realizar la estimación del efecto de heterosis. Sólo hablaremos de las diferencias entre los 2 tipos genéticos: abuelas Prat y cruzadas Verde x Prat, diferencia que comprende términos de heterosis y diferencia entre animales puros y cruzados.

Tampoco ha sido posible considerar en este estudio el efecto de adaptación de las hembras abuelas que no nacen en la propia explotación de producción (Cifre et al., 1998). Del mismo modo, no se ha considerado el efecto macho, padre de la camada, sabiendo que las hembras abuelas Prat y las hembras cruzadas Verde x Prat se aparean con diferentes tipos de machos. Hulot y Matheron (1979) y Matheron (1982), afirmaron que el tamaño de la camada se ha de analizar como carácter del producto considerando la existencia del efecto del Tipo Genético del padre sobre los puntos de implantación y número de embriones.

El hecho de disponer sólo de los datos de campo da a conocer las limitaciones de este estudio. En todo caso, podremos compararlo con otros trabajos como los realizados por Brun y Saleil (1994), Brun et al. (1998) o Gómez et al. (1998b y 1999).

# 1. Material y Métodos

## 1.1. Material animal

### 1.1.1. Línea Prat (Abuela del IRTA)

Las hembras Prat (IRTA) son un grupo reducido dentro de cada explotación (núcleo de multiplicación), su único objetivo es producir las hembras cruzadas utilizando como machos los abuelos de la línea Verde (UPV). Esta línea sintética se fundó a partir de dos orígenes raciales. Se selecciona desde 1992, en generaciones solapadas y con un ritmo semi-intensivo. El carácter objeto de selección es el tamaño de la camada en el momento del destete. El método de evaluación genética que se utiliza es el *BLUP*, con un modelo animal de repetibilidad que utiliza toda la información disponible (Gómez *et al.*, 1996).

### 1.1.2. Hembra cruzada Verde x Prat.

Forman el mayor grupo de reproductoras dentro de cada explotación con el objetivo económico como es la producción de gazapos para carne, utilizando como machos Terminales, animales de la línea Caldes. Habitualmente nacen en la misma explotación, aunque también sea posible la renovación externa.

### 1.1.3. Línea Verde (Abuelo UPV)

Línea sintética, seleccionada desde 1984. El criterio de selección es función del tamaño de la camada de las hembras al destete (Estany *et al.*, 1989). El método de evaluación genética de reproductores es un *BLUP* que permite la clasificación de los apareamientos según el valor genético de sus componentes. El número necesario de abuelos en cada explotación será función del número de abuelas. Los animales de esta línea fueron suministrados por la UPV, a través de las instalaciones del IRTA en el Prat de Llobregat.

Además de los tipos de hembras ya descritos, en la segunda experiencia estudiaremos otros dos:

#### *1.1.4. Hembra de autorreposición*

Hija de machos terminales de la línea Caldes y hembras cruzadas Verde x Prat. Se utilizan en momentos puntuales cuando no se dispone del número suficiente de cruzadas para la reposición. La línea Caldes (macho terminal IRTA) empezó a seleccionarse en el año 1983, utilizando como criterio de selección los caracteres peso de la camada al destete y velocidad de crecimiento en el engorde (Gómez *et al.*, 2000). En la actualidad, se utiliza un método de selección individual, seleccionando por velocidad de crecimiento. Los machos son suministrados con dos meses de edad en el centro de selección de la Unitat de Cunicultura del IRTA de Caldes de Montbui. En este trabajo, los machos terminales de la línea Caldes representan aproximadamente el 10% del total de conejas cruzadas en todas las granjas; cantidad recomendada suficiente para cubrir todas las hembras sin provocar una reducción de su propia capacidad productiva (Rafel, 1999).

#### *1.1.5. Hembra cruzada Verde x Prat nacida fuera de la explotación*

Son del mismo tipo genético que las hembras cruzadas, pero han sido producidas fuera de la explotación en una granja que actúa de multiplicadora, y que proporciona las hembras en el mismo momento de entrada en producción.

### **1.2. Descripción de las granjas**

A partir de una encuesta y de las visitas realizadas a cada una de las explotaciones, quedó de manifiesto la similaridad tanto en patrones de manejo (productivo y reproductivo) como en el nivel técnico de las instalaciones. Su conocimiento puede acercarnos más a la realidad de campo que repercute directamente sobre este estudio. La Tabla 1 nos describe las principales particularidades de las explotaciones.

Cuadro 1. Características principales de cada explotación.

Granja	Cubrición	Dimensión (nº cruzadas)	Instalación peculiar
Manresa	18d p-parto.	300	Fosa total
Moià	10d p-parto.	500	Naves Túnel
Vilafranca	11d p-parto.	350	Engorde al aire libre
Borges B.	7-12d p-parto.	46	Cinta transp. estiércol.
Reus	11d p-parto.	2000	Engorde Open-Air.

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3. Recogida de datos (Sistema PCR)

La información es extraída de las fichas de granja, una vez las conejas reproductoras son dadas de baja. El tipo de ficha, es diferente en cada granja, pero todas siguen los mismos criterios. Para la entrada de datos se utilizó el Programa de Control de Rendimientos PCR (Rafel *et al.*, 1989). Para cada coneja, se registraba:

- a. **Alta e identificación de la coneja;** con granja, jaula, tatuaje, raza, origen y fecha de nacimiento.
- b. **Baja de la coneja** con fecha de la baja y su razón (técnica, profiláctica o muerte).

Para conocer **el historial productivo** se introducía además de la fecha y número de cubrición y parto, el número de nacidos vivos, de nacidos muertos, de añadidos, de retirados, de destetados así como la fecha del destete y número de destetados.

### 1.4. Dimensión de las experiencias de campo

Para el primer estudio se recogieron datos de 3.226 conejas, con un total de 18.578 partos, comprendiendo un periodo que abarca desde principios del año 1993 hasta principios de 1999, de las cinco explotaciones ya descritas.

Cuadro 2. Número de hembras con datos por tipo genético y granja en Experiencia 1.

Granja	Manresa	Moià	Vilafranca	Borges B.	Reus	TOTAL
Abuelas	43	161	68	40	24	336
PRAT						
Cruzadas	465	880	448	63	1034	2890
V x P						

Fuente: elaboración propia.

Queremos, pues, comparar 2 tipos genéticos (hembras línea Prat (IRTA) y sus descendientes Verde x Prat) que han sido criadas en 5 posibles ambientes. La distribución de los animales por tipos genéticos y por granja se expone en el Cuadro 2.

Las abuelas Prat llegan a las granjas a una edad de 60-75 días. La primera cubrición es aproximadamente a los 140 días. Las granjas practican un ritmo reproductivo semi-intensivo, con cubriciones a 10-12 días post-parto y en algún caso a 18 días. Las hembras de la línea Prat se aparean con machos de la línea Verde y las hembras cruzadas se aparean con los machos terminales de la línea Caldes.

Los destetes se realizan a los 30-38 días de edad de los gazapos. La adopción es una técnica de manejo habitual en todas las granjas, anotando junto al registro del parto, el número de conejos retirados así como el número de conejos adoptados, si los hay.

En el segundo estudio se incluyeron datos de 1289 conejas con un total de 7630 partos, todos ellos en la misma explotación (véase Cuadro 3). Se consideraron cuatro tipos genéticos: abuelas, cruzadas propias, cruzadas externas y autoreposición con hembras para carne.

Cuadro 3. Número de hembras por tipo en Experiencia 2.

Abuelas	Cruzadas		
PRAT	propias	externas	Autoreposición
24	590	444	231

Fuente: Elaboración propia.

## 1.5. Caracteres estudiados

### 1.5.1. *Indices zootécnicos*

En este punto sólo tratamos de presentar una serie de caracteres o parámetros técnicos que están directamente relacionados con el manejo particular y el ambiente de cada granja:

- a. Intervalo entre partos.
- b. Mortinatalidad.
- c. Mortalidad en lactación.
- d. Carrera o número de partos acumulados.
- e. Razón de baja.

### 1.5.2. *Caracteres numéricos*

Son aquellos que consideraremos en la comparación entre los tipos genéticos. Se analizan los caracteres:

- a. Nacidos Totales.
- b. Nacidos Vivos.
- c. Tamaño de la camada ajustada (vivos más añadidos menos retirados).
- d. Destetados por parto (al menos un gazapo nacido).
- e. Destetados por destete.

## 1.6. Modelos de análisis

Los modelos estadísticos utilizados fueron los siguientes:

Modelo I: Estimación de la repetibilidad en Experiencia 1

$$\gamma_{ijklmn} = \mu + G_i + R_j + (G \times R)_{ij} + OP_k + AE_l + P_m + \epsilon_{ijklmn}$$

Modelo II: Análisis de varianza Experiencia 1

$$\gamma_{ijkln} = \mu + G_i + R_j + (G \times R)_{ij} + OP_k + (OP \times R)_{kj} + AE_l + \epsilon_{ijkln}$$

Modelo III: Análisis de varianza Experiencia 2

$$\gamma_{jklm} = \mu + R_j + OP_k + (OP \times R)_{kj} + AE_l + \epsilon_{jklm}$$

donde:

$\gamma$  = Observación del tamaño de la camada de la hembra  $m$ , del tipo genético  $j$ , producido en la granja  $i$  en el año-estación  $l$ , en su  $n$  destete correspondiente al orden de parto  $k$ .

$\mu$ : media

G: efecto granja de cría en la Experiencia 1, con 5 niveles.

R: tipo genético del animal, con 2 niveles en la experiencia 1 (cruzas y abuelas), y 4 niveles en la experiencia 2 (cruzas propias, externas, abuelas Prat y hembras de autorreposición)

GxR: interacción entre granja y tipo genético, para contrastar diferencias de comportamiento de las líneas entre las granjas en Experiencia 1.

OP: orden de parto, 5 niveles (1, 2, 3, 4, >4).

OPxR: interacción entre orden de parto y tipo genético, para ver si las diferencias entre los tipos pueden explicarse por diferencias entre los partos.

AE: efecto año-estación, con 19 niveles en experiencia 1 (3 cuatrimestres x 6 años, desde el 93 hasta el 98 y el 1<sup>er</sup> cuatrimestre del 99) y con 16 niveles en experiencia 2 (3 cuatrimestres x 5 años desde el 94 hasta el 98 y el 1<sup>er</sup> cuatrimestre del 99).

P: Efecto aleatorio coneja, efectos genéticos y no genéticos que se mantienen a lo largo de su carrera reproductiva.

Se estimó en primer lugar la componente de varianza debida al efecto aleatorio de la hembra con el método REML utilizando el programa VCE (Neumaier y Groeneveld, 1998), y empleando un modelo mixto que incluía el efecto de la coneja como aleatorio (Modelo I), sin considerar ningún efecto del macho sobre el tamaño de la camada.

Después de estimar la componente de varianza debida a la hembra, se realizó para los mismos caracteres un Análisis de Varianza con el paquete estadístico SAS (PROG GLM). El Modelo II se aplicó para la experiencia 1 y el Modelo III se aplicó para la experiencia 2.

## 2. Resultados

### 2.1. EXPERIENCIA 1

#### 2.1.1. Índices zootécnicos

En el cuadro 4 quedan reflejadas de forma descriptiva las diferencias entre las abuelas Prat y sus hijas Verde x Prat.

Cuadro 4. Índices zootécnicos de las abuelas y las madres cruzadas.

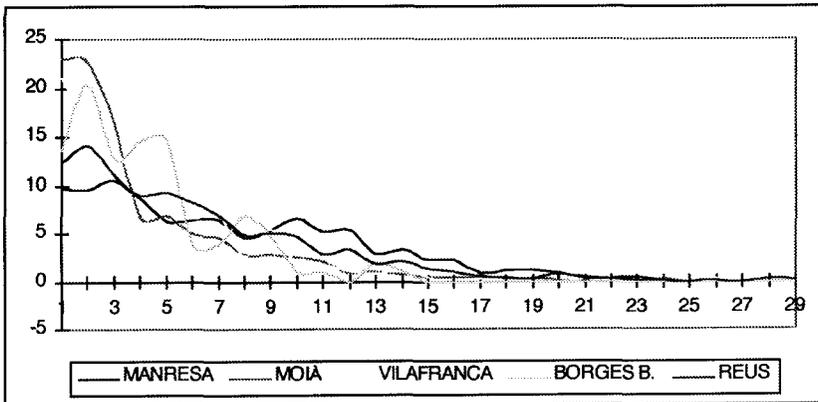
Índices Zootécnicos	Abuelas PRAT	Cruzadas VERDE x PRAT
Vida Productiva (d)	263	286
Nº de partos	5.17	5.67
Intervalo Partos.	46.6	45.9
NT por parto	9.0	9.4
% Mortinatalidad	5.3	3.7
Destetados/Parto	7.4	7.8
% Mortalidad Lac.	15.0	15.6

Fuente: Elaboración propia.

Según Rafel (1999) el equilibrio entre los porcentajes de muerte, eliminación por razón técnica y eliminación por razón profiláctica deberían aproximarse al 33,3 por 100 en cada caso. En nuestro estudio sólo podemos diferenciar entre dos situaciones; muerte y eliminación tanto por razón técnica como profiláctica. Así, en el conjunto de las granjas se llega a un buen equilibrio de; un 65,6 por 100 de eliminaciones y 34,4 por 100 de muertes.

En promedio, la vida productiva de las hembras fue de 8,8 meses con 5,6 partos acumulados, siendo las diferencias más dependientes de granjas que de los tipos genéticos, porque es un parámetro que depende fundamentalmente del manejo de cada explotación.

Figura 1. Porcentaje de Hembras según el número de partos acumulados.



Fuente: Elaboración propia.

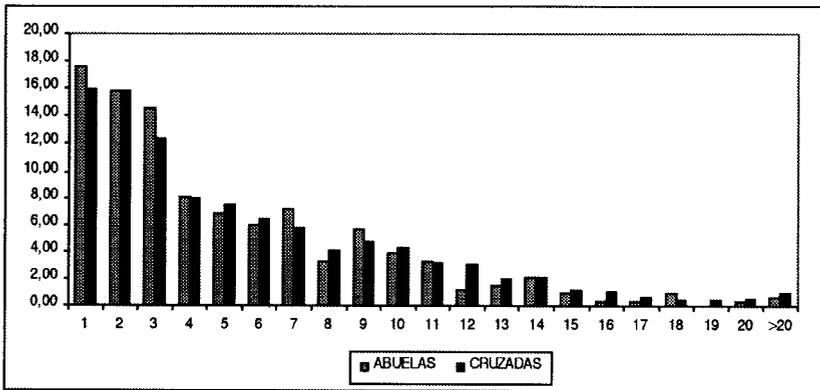
En la Figura 1 se puede demostrar la afirmación de Rouvier et al. (1973) cuando decía que las hembras pasan por un estado muy crítico después del primer parto. La causa puede ser una disminución de las defensas por el hecho de coincidir el estado de lactación y de gestación al mismo tiempo que el propio crecimiento de la hembra.

Entre tipos genéticos podemos observar (Figura 2) que un 48 por 100 de las abuelas se dan de baja entre el primer y tercer parto mientras que en las cruzadas el porcentaje es ligeramente inferior (44 por 100).

El intervalo entre partos está determinado por la duración del ciclo semi-intensivo (42 días) y la fertilidad. El promedio es de 46 días, siendo ligeramente inferior en las cruzadas (0.7 días). Si comparamos con los resultados de Gestión Técnico Económica 1998 (Ramon y Rafel, 1999), este valor está por debajo del valor promedio nacional (52-57 días).

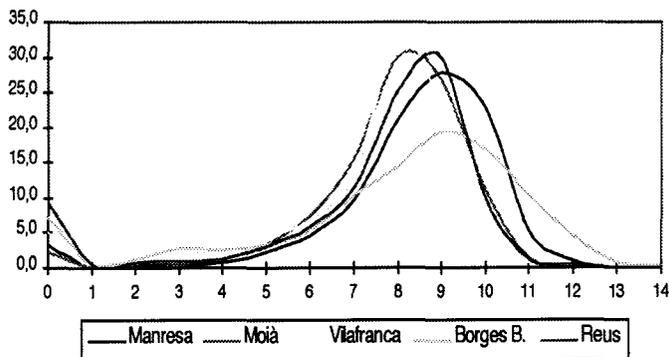
La mortinatalidad fue mayor en las abuelas (5.3 por 100) que en las hembras cruzadas (3.7 por 100). El valor de la mortalidad en lactación observado en nuestro caso, está próximo al 15 por 100, más elevado que la media española estimada en los resultados de GTE del 98 (Ramón y Rafel, 1999).

Figura 2: Porcentaje de hembras según el número de partos acumulados



Fuente: Elaboración propia.

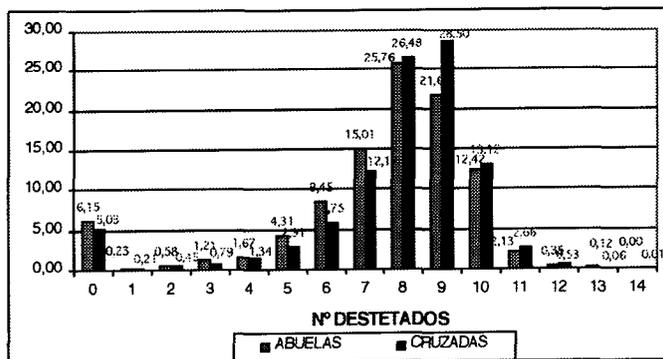
Figura 3: Distribución de la frecuencia de partos según el número de gazapos destetados, por granja.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados descriptivos de prolificidad nos acercan a la idea de que las hembras cruzadas tienen mayor número de nacidos vivos, totales y destetados. En la Gráfica 3 podemos ver que las curvas de distribución de tamaños de la camada destetada presentan unos máximos diferentes por explotación. Las curvas más pronunciadas son interpretadas como el resultado de una práctica de adopciones.

Figura 4. Distribución de la frecuencia de partos según el tamaño de la camada destetada, por tipos genéticos.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4 se aprecia que en las abuelas existe un 59.8% de partos centrados entre los tamaños de camada de 8 a 10, mientras que en las cruzadas el porcentaje de partos entre los mismos tamaños de camada, es de un 68.1%. La distribución de los resultados de hembras cruzadas, tiene mayores frecuencias en los mayores tamaños de camada.

### 2.1.2. Análisis caracteres numéricos

Inicialmente se realizó una estimación de la componente de varianza debida a los efectos aleatorios permanentes de la hembra sobre sus diferentes partos registrados. La repetibilidad era muy débil, con valores por debajo de 0.15 (ver cuadro 5). Esto implica que existe una baja correlación entre el tamaño de camada de un parto y el siguiente de la misma hembra. Es mayor en vivos y totales por menor efecto ambiental (mortalidades) o manejo (estandarización camadas).

Los efectos Tipo Genético, Granja, Orden de Parto, Año-Estación y la interacción Tipo Genético - Granja, afectaron de forma significativa a todos los caracteres.

Cuadro 5. Estimación de la repetibilidad en los diferentes caracteres.

	Repetibilidad (e.t.)
Nacidos vivos	0.13 (0.005)
Nacidos totales	0.14 (0.005)
Número destetados	0.03 (0.003)
Camada ajustada	0.07 (0.004)

Fuente: Elaboración propia.

En la Cuadro 6 se presentan las medias mínimo cuadráticas (y errores típicos) para los caracteres número de gazapos nacidos vivos, nacidos totales, camada ajustada y destetados por parto así como el número de destetados por destete.

Con respecto a la influencia del tipo genético, las hembras cruzadas obtuvieron unos resultados superiores en el nacimiento y, a diferencia de lo presentado en el trabajo de Brun y Saleil (1994), la diferencia se conservó hasta el destete (Ver Cuadro 6). Las diferencias fueron de 0,43 gazapos vivos, de 0,50 gazapos totales y de 0,46 gazapos destetados.

Según afirma Brun y Rouvier (1988), el efecto del tipo genético de la camada en conejos no es muy significativo para el carácter tamaño de camada al nacimiento, pero sí al destete debido a un efecto de heterosis en la supervivencia nacimiento-destete. Es importante el efecto genético materno para los caracteres nacidos totales y nacidos vivos, y la heterosis materna sobre nacidos y destetados (Brun y Rouvier, 1988).

El Orden del parto afecta a los resultados productivos, especialmente el primero. Se observó una reducción del 10,5 por 100 y 7,9 por 100 sobre el promedio de nacidos vivos y nacidos totales y del 7,7 por 100 sobre número de destetados (por parto o por destete).

El efecto de la interacción entre el Tipo Genético y el Ambiente (granja) fue significativo para todos los caracteres. Aunque las cruzadas siempre presentan mayores valores mínimo cuadráticos, en alguna de las granjas la diferencia no alcanza el nivel de significación (Figuras 5 y 6).

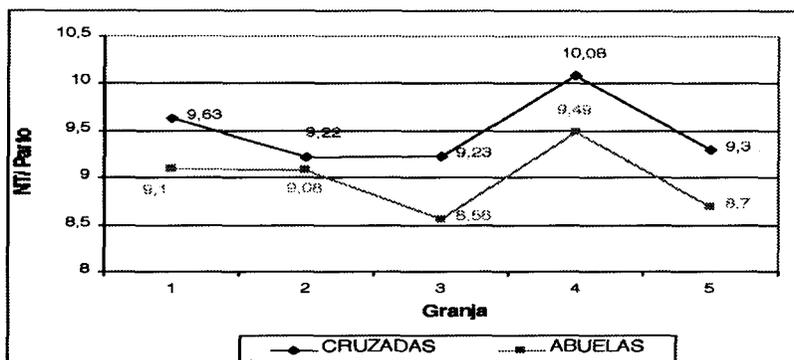
La interacción entre el Tipo genético y Orden de parto no fue significativa para ninguno de los caracteres estudiados, como también ocurría en la experiencia realizada por Matheron y Poujardieu (1976).

**Cuadro 6. Médias mínimo cuadráticas (y error típico) de los caracteres número de nacidos vivos (NV), nacidos totales (NT), destetados (ND) y ajustados (AJ) por parto y número de destetados por destete según el Tipo Genético, la Granja de cría y el Orden de parto, así como para las interacciones entre tipo genético con granja.**

	NV	NT	ND	AJ	ND/dest
<b>Tipo Genético</b>					
Abuela (PP)	8.57 (0.084)a	8.99 (0.078)a	7.25 (0.071)a	8.77 (0.054)a	7.88 (0.044)a
Cruzada (VP)	9.00 (0.049)b	9.49 (0.046)b	7.71 (0.041)b	9.12 (0.034)b	8.17 (0.028)b
<b>Granja</b>					
1-Manresa	9.17 (0.089)c	9.35 (0.082)d	8.09 (0.074)d	9.32 (0.061)c	8.38 (0.050)c
2-Moià	8.72 (0.066)b	9.15 (0.061)b	7.57 (0.055)c	9.27 (0.045)c	7.95 (0.037)b
3-Vilafranca	8.38 (0.089)a	8.89 (0.083)a	6.82 (0.075)a	8.44 (0.062)a	7.53 (0.052)a
4-Borges B.	8.89 (0.137)bc	9.78 (0.128)c	7.77 (0.115)c	8.81 (0.096)b	8.35 (0.079)c
5-Reus	8.75 (0.107)b	8.98 (0.099)ab	7.13 (0.089)b	8.73 (0.073)b	7.92 (0.06)b
<b>Orden Parto</b>					
1	8.08 (0.086)a	8.54 (0.060)a	7.08 (0.054)a	8.32 (0.045)a	7.50 (0.049)a
2	8.86 (0.094)b	9.30 (0.064)b	7.62 (0.058)c	9.01 (0.048)bc	8.18 (0.054)c
3	9.20 (0.100)c	9.63 (0.069)c	7.68 (0.062)c	9.20 (0.052)d	8.20 (0.059)c
4	9.06 (0.110)c	9.49 (0.075)c	7.54(0.067)bc	9.09 (0.056)cd	8.19 (0.045)c
>4	8.72 (0.066)b	9.19 (0.052)b	7.47 (0.047)b	8.95 (0.039)b	8.04 (0.029)b

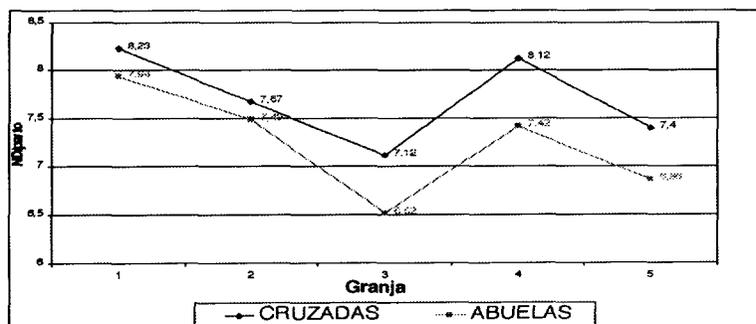
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Interacción entre Tipo Genético y Granja para el carácter NT.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Interacción entre Tipo genético y Granja para el carácter ND.



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. EXPERIENCIA 2

### Índices Zootécnicos

La comparación entre los cuatro tipos de hembras para los caracteres relacionados con la duración de la carrera, la razón de baja, la mortinatalidad y mortalidad en lactación, y la prolificidad se recogen en el Cuadro Cuadro 7.

Cuadro 7. Índices zootécnicos de los 4 grupos de hembras reproductoras.

Índices Zootécnicos	Autoreposición	Cruzadas propias	Cruzadas externas	Abuelas
Vida Productiva (d)	282	397	176	440
Nº de partos	5.3	8.1	3.1	9.2
Intervalo Partos.	45	45	46	44
NT por parto	8.9	9.3	8.7	8.6
% Mortinatalidad	1.1	2.8	1.1	3.8
Destetados/Parto	7.4	7.4	6.8	6.9
% Mortalidad Lac.	20.6	19.3	24.25	19.87
Periodo registrado	7/96 - 2/99	11/94 - 1/99	11/96 - 1/99	6/95 - 2/98

Fuente: Elaboración propia.

La vida productiva fue mayor en abuelas (440 días) y cruzadas nacidas en la explotación (397 días), y menor en las cruzadas externas (176 días).

La mortalidad total (suma de mortalidades desde nacimiento a destete), fue elevada en todos los casos, siendo mayor en las cruzadas externas. Se puede observar que es la hembra cruzada nacida en la explotación la que mejor supera la fase de lactación.

Si comparamos la prolificidad aparente entre cruzadas, el tamaño de camada (NT) es mayor (más de 0.5 gazapos) en las producidas en la propia explotación frente a las de multiplicadora. Los menores

tamaños de camada al nacimiento correspondieron al grupo de abuelas (8.6).

En el Cuadro 8, se presentan las medias mínimo cuadráticas para los caracteres nacidos totales, nacidos vivos, número de destetados y tamaño de la camada ajustada, por tipo genético y orden de parto.

Los resultados de las abuelas son los menores para todos los caracteres numéricos (o no diferentes de las hembras de autoreposición para NT y NV).

Las diferencias entre cruzadas nacidas o no en la explotación no fueron significativas.

Las hembras cruzadas nacidas en la explotación obtuvieron mayores resultados que las de autoreposición para el carácter NT (+0.4) y NV (+0.2).

Debido a la homogeneización (ajuste) de camadas, las hembras de autoreposición reciben 0,13 gazapos, no existiendo diferencias al comparar con los otros tipos en número de destetados por parto o por destete.

Existen diferencias significativas debidas al Orden de Parto en todos los caracteres estudiados, al igual que ocurría en los de la Experiencia 1.

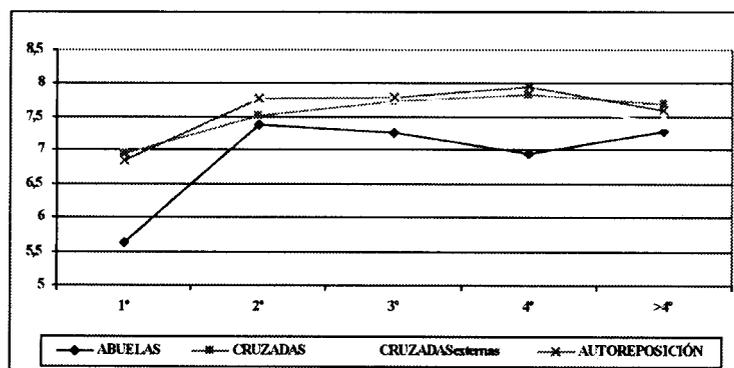
Únicamente se apreciaron diferencias significativas debidas a la interacción entre tipo genético y orden de parto en el carácter número de destetados por parto (Figura 7), existiendo diferencias significativas entre grupos genéticos sólo en el primer parto.

Cuadro 8. Medias mínimo cuadráticas (y desviación típica) del número de nacidos vivos (NV), nacidos totales (NT), número de destetados (ND) y ajustados por parto (AJ) y número de destetados por destete (ND/dest.) por tipo Genético y orden de parto (OP)

	NV	NT	ND	AJ	ND/dest.
T.Genético					
Autorrepro	8.9 (0.13)ab	9.0 (0.12)a	7.6 (0.13)b	9.03(0.092)b	8.3 (0.08)b
C. propia	9.1(0.10)c	9.4 (0.10)b	7.6 (0.11)b	9.10(0.073)b	8.3 (0.06)b
C. externa	9.1 (0.13)bc	9.3 (0.12)b	7.7 (0.13)b	9.09(0.092)b	8.3 (0.08)b
Abuela Prat	8.4 (0.23)a	8.7 (0.22)a	6.9 (0.24)a	8.51(0.166)a	7.9 (0.15)a
OP					
1	8.1 (0.17)a	8.3 (0.16)a	6.8 (0.18)a	8.3 (0.12)a	7.7 (0.11)a
2	8.7 (0.17)b	8.9 (0.16)b	7.6 (0.18)b	8.9 (0.12)b	8.3 (0.11)b
3	9.4 (0.17)d	9.6 (0.16)d	7.7 (0.18)b	9.3 (0.12)c	8.4 (0.11)b
4	9.3 (0.18)cd	9.4 (0.17)cd	7.6 (0.19)b	9.3 (0.13)c	8.2 (0.12)b
>4	8.9 (0.13)bc	9.2 (0.12)bc	7.5 (0.13)b	8.9 (0.09)b	8.3 (0.08)b

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Interacción entre tipo genético y orden de Parto para el carácter ND.



Fuente: Elaboración propia.

### 3. Resumen y primeras conclusiones

A partir de los datos recogidos en cinco explotaciones de producción de cobejo para carne, se han comparado los resultados reproductivos entre hembras cruzadas Verde x Prat y hembras de la línea Prat (abuelas), seleccionada por tamaño de camada al destete.

Con un total de 3226 hembras y 18578 partos registrados obtenemos unos resultados que determinan una superioridad de las hembras cruzadas de 0.43, 0.50 y 0.46 gazapos para los caracteres Nacidos Vivos, Nacidos Totales y Destetados respectivamente.

En un segundo experimento, se han comparado los resultados reproductivos de abuelas, hembras cruzadas nacidas en la explotación, hembras cruzadas nacidas fuera de la explotación y hembras de autorreposición. Las diferencias entre las cruzadas no fueron significativas. Las cruzadas nacidas en la explotación tuvieron mayor tamaño de camada y número de nacidos vivos que las hembras de autorreposición o las abuelas. Las diferencias no fueron significativas al destete, al haberse realizado homogeneización de camadas.

#### Principales fuentes consultadas

- BASELGA M., BLASCO A., 1989. *Mejora Genética del conejo de producción de carne*. Ed. Mundi Prensa. 110 pp.
- BRUN J.M., BOLET G., BASELGA M., ESPARBIE J., FALIERES J., 1998. *Comparison de deux lignées européennes de lapins sélectionnées sur la taille de portée: intérêt de leur croisement*. Proc. 7èmes Journées de la Recherche Cunicole Françaises, Lyon, 19-22.
- BRUN J.M., SALEIL G., 1994. *Une estimation, en ferme de l'hétérosis sur les performances de reproduction entre les souches de lapin INRA A2060 et A1077*. Proc. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole Françaises, La Rochelle, 1, 203-210.

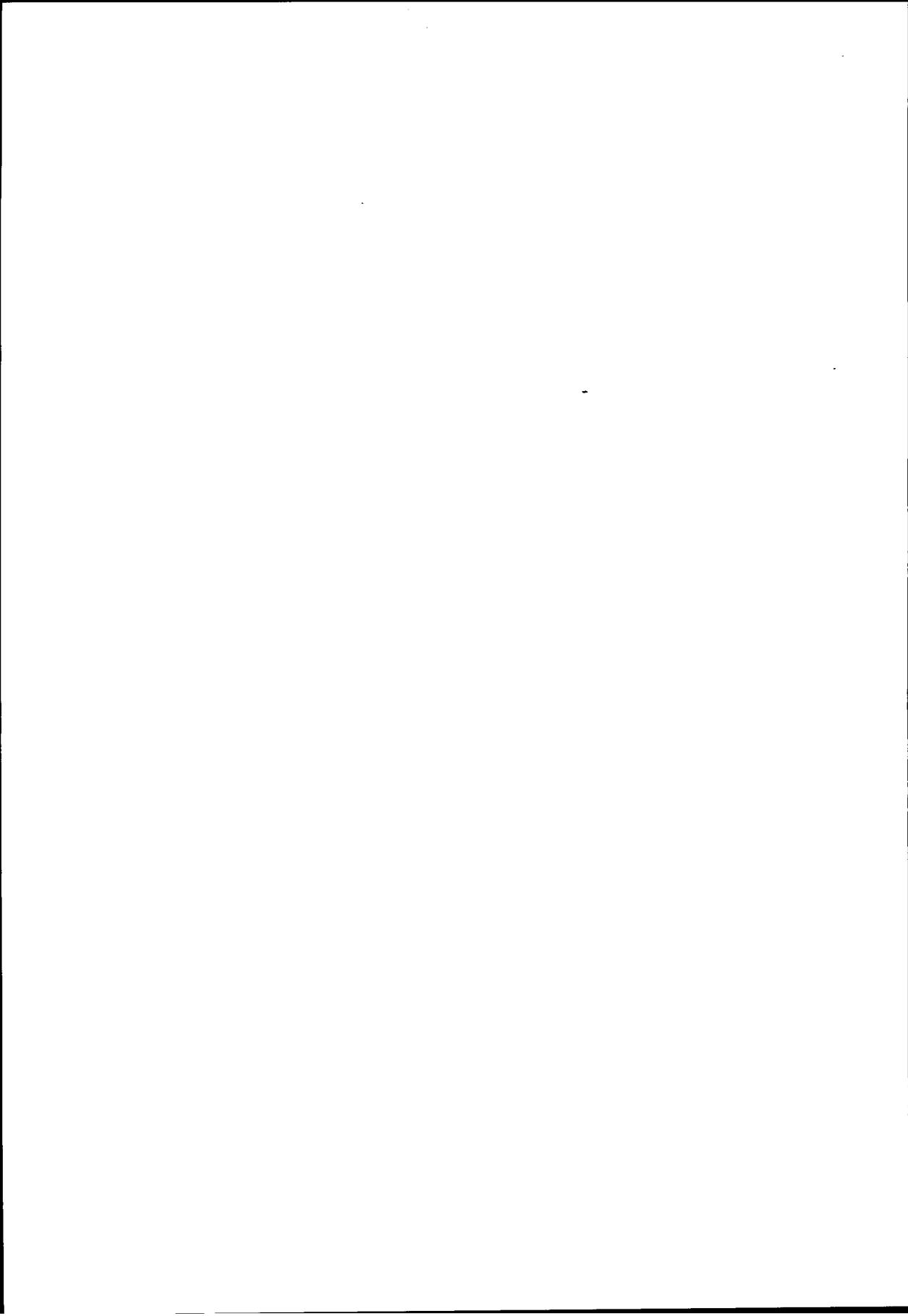
- BRUN J.M., ROUVIER R., 1988. *Evolution of genetic parameters of litter traits in crosses of two selected strains of rabbit: a synthesis*. Proc. 4<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Budapest, Vol. 2: 158-166.
- CIFRE J., BASELGA M., GARCIA-XIMENEZ F., 1998. *Performance of a hyperprolific rabbit line: I. Litter size traits*. Journal of Animal Breeding and Genetics, 115: 131-138.
- 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*. Livestock Production Science, 21: 67-75.
- GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., BASELGA M., 1996. *A genetic study of a line selected on litter size at weaning*. Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, 2: 289-292.
- GÓMEZ E.A., BASELGA M., RAFEL O., GARCIA M.L., RAMON J., 1998a. *Selection, diffusion and performance of six Spanish lines of Meat Rabbit*. Proc. 2nd International Conference on Rabbit Production in Hot Climates, Adana, Vol. 41, 147-152.
- GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., 1998b. *Caractères de croissance dans le croisement de trois souches de lapin sélectionnées en Espagne*. Proc. 7<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole Françaises, Lyon, 33-36.
- GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., 1999. *Comparación de los caracteres reproductivos entre madres cruzadas y líneas progenitoras en conejo*. Proc. 8<sup>a</sup> Jornadas de Producción Animal. ITEA, Zaragoza, Vol. Extra 20: 285-287.
- GOMEZ E.A., RAFEL O., RAMON J., 2000. *Preliminary genetic analyses of Caldes line: a selection experiment for a global objective*. Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Valencia, (in press).
- HULOT F., MATHERON G., 1979. *Analyse des variations génétiques entre trois races de lapins de la taille de portée et de ses composantes en saillie post-partum*. Annales de Génétique et Sélection Animal, 11, 52-77.

- INE, 1999. *Instituto Nacional de Estadística*. Ministerio de Economía y Hacienda.
- MAPA, 1997. Tomado del *Anuario de Cunicultura Española 1999/2000*. Real Escuela de Avicultura, pp. 48-53.
- MATHERON G., POUJARDIEU B., 1976. *Hétérosis pour quelques caractères de reproduction chez le lapin; analyse de plans de croisement*. Bulletin Technique du Departament de Génétique Animale, 24: 69-77.
- MATHERON,G. 1982. *Genetic and selection of litter size in rabbit meat production*. Proc. 2<sup>nd</sup>. World Congres on Genetics Applied to Livestock Production, Madrid, VI: 481-493.
- NEUMAIER A., GROENEVELD E., 1998. *Restricted maximum lidelihood estimation of covariances in sparse linear models*. Génétique, Selection, Evolution, 30: 3-26.
- RAFEL O, 1999. *La reposicion. Tasas de Sobreocupación y eliminación de reproductores*. Proc. Jornadas Profesionales de Cunicultura sobre Reproducción y Patología. Sitges.
- RAFEL O., RAMON J., PERUCHO O., 1989. *Programa de control de rendimientos (P.C.R.) en granjas de conejos. Una herramienta para el seguimiento individualizado de reproductores*. III Jornada de Producción Animal, I.T.E.A.; Zaragoza, Vol.extra, 9: 552-554.
- RAMON J., RAFEL O., 1999. *Gestión Técnica económica 1998*. Cunicultura.
- ROUVIER R., POUJARDIER B., VRILLON J.L., 1973. *Analyse estatistique des performances d'élevage des lapins. Facteurs du milieu, corrélations, répétabilité*s. Annales de Génétique et Sélection Animale, 5(1), 83-107.

## CAPÍTULO VI.3

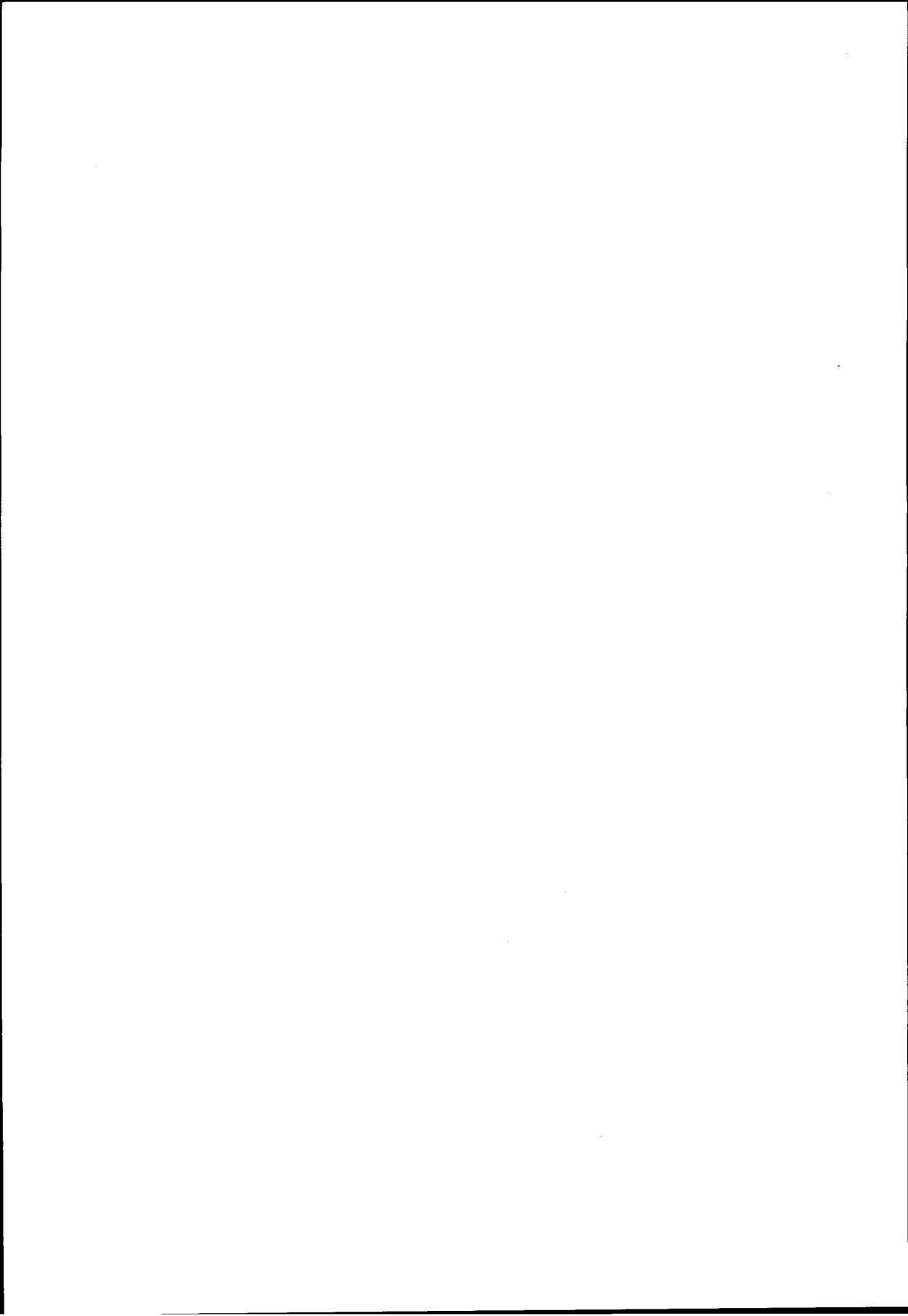
# **EFFECTO DEL RITMO DE RECOGIDA SOBRE LA CALIDAD, CAPACIDAD DE CONSERVACIÓN Y PRODUCCIÓN SEMINAL DE MACHOS JÓVENES**

Zuriñe Arroita



# ÍNDICE

- 0. Introducción
  - 1. Materiales y Métodos
    - 1.1. Material animal
    - 1.2. Métodos
  - 2. Resultados y discusión
    - 2.1. Tasa de recogidos útiles
    - 2.2. Calidad seminal
    - 2.3. Dosis de inseminación por eyaculado útil y por semana
    - 2.4. Capacidad de conservación
  - 3. Primeras conclusiones
  - 4. Resumen
- Agradecimientos
- Principales fuentes consultadas



## 0. Introducción

Tradicionalmente España viene siendo uno de los países más importantes dentro del sector cunícola en Europa. Según los datos del MAPA (1997) el censo de reproductoras en España era de 2,4 millones, situándose Aragón con el 10,2 por 100 del censo en tercer lugar tras Cataluña y la Comunidad Valenciana.

Una de las innovaciones técnicas que se ha introducido en los últimos años en el sector es la inseminación artificial. Sobre la difusión de la I.A. en la cunicultura española apenas se dispone de datos, aunque en los últimos años se ha producido una expansión de la técnica. Por ejemplo en el caso de Navarra, entre el 80 y el 85 por 100 de las granjas realizan I.A. en banda única (Leyún, 1999).

Sin duda uno de los puntos de mayor interés para centros de inseminación y cunicultores que utilicen esta técnica, es el rendimiento que de los machos reproductores pueden obtener.

Numerosos autores han estudiado diversas variantes del ritmo de recogida seminal al que puede someterse un macho reproductor (McNitt, 1981).

Así, por ejemplo, el número de recogidas diarias puede oscilar desde una (Bodnár et al., 1996; Bunaciu et al., 1996) hasta cuatro (López et al., 1996; Bunaciu et al., 1996), si bien a partir del segundo eyaculado el volumen, la concentración y el número de dosis seminales decrece (López et al., 1996). Cuando únicamente se realizan dos extracciones consecutivas, algunos autores muestran medias superiores en concentración y motilidad para el segundo eyaculado que para el primero, mientras que el primero obtiene un mayor volumen seminal y

porcentaje de morfoanomalías (Battaglini et al, 1992; Ducci, 1993, Abdel-Ghaffar et al. 1994; Bencheikh, 1995).

Además, las recogidas seminales pueden realizarse desde un día por semana (Bencheikh, 1995; Bunaciu et al., 1996) hasta diariamente (Bodnár et al., 1996). En este caso, características como el volumen y la concentración seminal, al igual que antes, disminuyen conforme aumenta el ritmo de recogidas semanales (Bencheikh, 1995; Bodnár et al., 1996; Bunaciu et al., 1996).

Sin embargo el número de espermatozoides recogidos/semana es mayor en los ritmos más intensivos (Bencheikh, 1995). En cuanto a otras características como la motilidad, los resultados son divergentes.

En los estudios mencionados podemos comprobar que el ritmo de recogida seminal puede influir tanto en la calidad seminal como en el número de dosis de inseminación que se obtenga. De este modo, el ritmo de extracciones seminales se relaciona con el rendimiento que de un macho reproductor pueden obtener centros de inseminación artificial y cunicultores en general y así finalmente influir sobre los resultados económicos de la explotación.

En el presente trabajo se presentan los resultados preliminares obtenidos al estudiar el efecto de tres ritmos de recogida diferentes sobre la calidad seminal, producción semanal de dosis seminales y capacidad de conservación del semen durante 72 h en machos jóvenes.

## **1. Material y Métodos**

### **1.1. Material animal**

Para la realización de este trabajo se han utilizado 18 machos, de 7 meses de edad, de la línea genética de alto crecimiento seleccionada por el IRTA.

## 1.2. Métodos

Durante los meses de mayo a julio de 1999, los machos fueron sometidos a uno de los siguientes tres ritmos de recogida (6 machos/ritmo).

Los ritmos estudiados fueron:

Extensivo: 2 saltos el martes

Semintensivo: 2 saltos lunes y jueves

Intensivo: 2 saltos lunes, miércoles y viernes

Los saltos se recogieron con un intervalo de 10-15 minutos entre el primero y el segundo.

Tras anotar el volumen y el color del eyaculado (para detectar contaminaciones con orina), se valoraba la motilidad mediante un microscopio óptico a 100 aumentos puntuándose en porcentaje de 0 a 100 por 100.

A continuación se tomaba una muestra de semen puro haciendo una dilución 1:100 en NaCl al 3 por 100 (Finzi et al., 1995) para el cálculo de la concentración espermática con Cámara de Bürker.

El eyaculado permanecía a 35°C en un baño María hasta el momento de la dilución del semen que se realizaba 10 minutos después de su recogida. Todos lo eyaculados fueron diluidos en una proporción 1:10, utilizando para ello un diluyente salino simple para semen de conejo de la empresa KUBUS S.A. (Madrid, España).

Tras la recogida y dilución del segundo eyaculado de cada macho, ambos eyaculados eran mezclados. En ese momento se fijaba una muestra de semen en una solución de glutaraldehído al 2 por 100 para la posterior valoración del porcentaje de morfoanomalias y de acrosomas normales mediante microscopía de contraste de fases de campo claro a 1000 aumentos. Además una muestra de 1,5 ml de semen fue conservada durante 72 h a 16 °C. A las 24, 48 y 72 h de la recogida se procedía a la valoración del porcentaje de espermatozoides móviles y de acrosomas normales en el semen conservado.

Hemos considerado como eyaculado útil, aquél que no está contaminado por orina, que presenta una motilidad a las 0h mayor al 50 por 100 y que además presenta una concentración espermática suficiente como para obtener al menos una dosis de inseminación a partir de él. Si uno de los dos eyaculados recogidos por macho no era útil, no se procedía a la mezcla de los mismos y se trabajaba únicamente con el eyaculado útil. Los cálculos se realizaron para dosis de 0,5 ml y 15 millones de espermatozoides. A partir de los datos anteriores, calculamos la tasa de recogidas útiles (eyaculados útiles/total de solicitudes realizadas) y las dosis de inseminación producidas por eyaculado y por semana en cada uno de los 3 ritmos (dosis = (concentración x volumen)/15millones).

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa LSMLMW (Mixed Model Least-Squares and Maximun Likelihood Computer Program (Harvey,1987). Se realizó análisis de varianza, comparaciones entre medias y correlaciones entre variables.

Los resultados obtenidos se clasifican en:

- a. Tasa de recogidas útiles: según el ritmo y el orden de recogida.
- b. Calidad seminal: según el ritmo y el orden de recogida.
- c. Dosis producidas por eyaculado útil y por semana: según ritmo y orden de recogida.
- d. Capacidad de conservación: según ritmo y orden de recogida.

## **2. Resultados y discusión**

### **2.1. Tasa de recogidas útiles**

#### *2.1.1. Tasa de recogidas útiles y ritmo de recogida*

No existen diferencias significativas entre las tasas de recogidas útiles para los tres ritmos (Cuadro 1), por lo que la tasa media es  $0,62 \pm 0,071$

Cuadro 1. Tasa de eyaculados útiles.

Ritmo de extracción	n	Media ± Error estandar
Ritmo extensivo	108	0,62 ± 0,106
Ritmo semintensivo	210	0,64 ± 0,103
Ritmo intensivo	322	0,60 ± 0,102

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia nuestra, Bencheikh (1995) encuentra que la tasa de eyaculados útiles en el ritmo más extensivo es significativamente más elevada que en los ritmos más intensivos. Hay que señalar el número de observaciones en este trabajo es superior al nuestro.

### 2.1.2. Tasa de recogidas útiles y orden de recogida capítulo

La tasa de recogidas útiles es significativamente mayor en la segunda recogida diaria respecto a la primera. Además existe una interacción significativa entre el ritmo y el orden de recogida. de modo que mientras la tasa de recogidas útiles para el primer eyaculado tiende a descender conforme aumenta el ritmo de extracción, la tasa para el segundo eyaculado es mayor en los ritmos más intensivos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tasa de eyaculados útiles. n=n° de observaciones.

Ritmo de extracción	1° eyaculado Media ● Error estándar (n)	2° eyaculado Media ± Error estándar (n)
Ritmo extensivo	0,59 ± 0,095 <sup>a</sup> (54)	0,64 ± 0,095 <sup>b</sup> (54)
Ritmo semintensivo	0,43 ± 0,088 <sup>c</sup> (105)	0,86 ± 0,088 <sup>d</sup> (105)
Ritmo intensivo	0,42 ± 0,085 <sup>c</sup> (162)	0,79 ± 0,085 <sup>d</sup> (160)
Global	0,48 ± 0,075 <sup>a,c</sup> (321)	0,76 ± 0,075 <sup>b,d</sup> (319)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí. ( $p < 0,05$ ) capítulo.

Debido a esta interacción ritmo-eyaculado, la tasa de recogidas útiles para el segundo eyaculado, compensa el descenso para el primer eyaculado en los ritmos intensivos.

## 2.2. Calidad seminal

Cuadro 3. Características seminales. Media  $\pm$  Error estandar. (n= número de observaciones).

	Ritmo Extensivo	Ritmo Semintensivo	Ritmo Intensivo	Media global
<b>Concentración (10<sup>6</sup>/ml)</b>	317,26 $\pm$ 43,41 <sup>a</sup> (55)	257,72 $\pm$ 42,09 <sup>b</sup> (115)	183,92 $\pm$ 39,57 <sup>c</sup> (173)	—
Volumen (ml)	0,99 $\pm$ 0,083 (52)	0,76 $\pm$ 0,080 (107)	0,76 $\pm$ 0,079 (172)	0,84 $\pm$ 0,05 (331)
Motilidad (%)	70,93 $\pm$ 4,63 (40)	68,84 $\pm$ 4,51 (93)	70,60 $\pm$ 4,50 (137)	70,13 $\pm$ 5,16 (270)
Acrosomas normales (%)	76,37 $\pm$ 4,24 (17)	82,48 $\pm$ 4,11 (34)	80,77 $\pm$ 3,87 (48)	79,87 $\pm$ 4,46 (99)
Morfoanomalias espermáticas (%)	27,29 $\pm$ 3,77 (40)	35,48 $\pm$ 4,26 (84)	26,63 $\pm$ 4,38 (128)	29,8 $\pm$ 3,36 (252)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí. ( $p < 0,05$ )

Los valores medios hallados en este trabajo son similares a los que aparecen en la bibliografía referida en el cuadro 4.

Cuadro 4.

	JOVENES	ADULTOS	REFERENCIAS
<b>VOLUMEN (ml)</b>			
<b>sin gel</b>	0,66±0,05	0,84±0,02 0,55±0,24 0,79±0,07 0,64±0,02	Falceto et al., 1999 Martinez, et al., 1997 Bunaciu et al., 1996 Bodnár et al., 1996 López et al., 1996
	0,72±0,25 0,71±0,01	0,7±0,06 0,36±0,08 0,76	Rodríguez et al., 1996 Bencheikh, 1995 El-Masry et al., 1994 El-Gaafary, 1994 Battaglini, 1992
<b>con gel</b>		0,85±0,67	Bunaciu et al., 1996
<b>CONCENTRACION (mill/ml)</b>	259,06±42,8	426,5±11,05 223,8±160,4 286,14±4,98 389,7±16,5	Falceto et al., 1999 Martinez, et al., 1997 Bunaciu et al., 1996 Bodnár et al., 1996 López et al., 1996
	240,5±115 414±11	210,5±14,1 160,9±10,12 561	Rodríguez et al., 1996 Bencheikh, 1995 El-Masry et al., 1994 El-Gaafary et al., 1994 Battaglini, 1992
<b>ESP./EYACULADO (mill.)</b>		343,19±10,74	Martinez, et al., 1997
	260±7	420 57,9±5,37	Bencheikh, 1995 Battaglini, 1992 El-Gaafary, 1994
<b>MOTILIDAD (%)</b> * escala de 0-4	70±1,92	85±11,17 80±1 4±0,33*	Ffalceto et al., 1999 Bunaciu et al., 1996 Viudes de Castro et al., 1996 Bodnár et al., 1996
	65,6±15,2 3,71±0,02*	72,8±3,37 56±0,83 76,09±1,21 76 80	Rodríguez et al., 1996 Bencheikh, 1995 El-Gaafary, 1994 El-Masry et al., 1994 Martín, 1992 Battaglini, 1992 Chen et al., 1989
<b>ACR. NORMALES (%)</b>		90±1	Viudes de Castro et al., 1996

<b>ACR. ANORMALES (%)</b>		14,45±2,13 11	El-Gaafary, 1994 Chen et al., 1989
<b>FORMAS ANORMALES (%)</b>			
<b>Colas</b>	33,12±3,95	13,6±6,5	Finzi et al., 1995
<b>G.Citopl.</b>		2,4±1,9	Finzi et al., 1995
<b>Total</b>		9,12±4,42	Falceto et al., 1999
		18,2±10,9	Bunaciu et al., 1996
		14,3±0,51	Finzi et al., 1995
		15,4±2,42	El-Masry et al., 1994
		33,5 - 28,6	El-Gaafary, 1994
		20,10±0,44	Ducci et al., 1993 Martín, 1992
<b>ESP. VIVOS (%)</b>	87,62±1,64		Falceto et al., 1999
	80,1±0,5	78,6±0,51	Bodnár et al., 1996
		84,44±0,79	Bencheikh, 1995 Martín, 1992
<b>pH</b>	7,03±0,01	7,3	Bencheikh, 1995 Battaglini, 1992

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de haber obtenido una media de morfoanomalías espermáticas (29,8 por 100) superior a la que generalmente aparece en la bibliografía, es semejante a la obtenida por otros autores como Ducci et al. (1993), que presenta una media del 33,5 por 100 para el primer eyaculado y del 28,64 por 100 para el segundo ( $p < 0,01$ ).

Sin embargo no se puede descartar que las temperaturas ambientales altas (superiores a 25°C) a las que se vieron sometidos los animales algunos de los días de la fase experimental, hayan producido un aumento en el porcentaje de morfoanomalías tal y como describieron Finzi et al., (1995). Además, también hay que tener en cuenta la edad de los animales, ya que se trata de machos jóvenes al inicio de su vida reproductiva, por lo que alguno de ellos presenta porcentajes de gotas citoplásmicas elevados.

### 2.2.1. Calidad seminal y ritmo de recogida

Entre las características seminales estudiadas, volumen/eyaculado, motilidad y porcentaje de acrosomas normales en el momento de

la recogida, porcentaje de morfoanomalias y concentración espermática, únicamente esta última mostró diferencias significativas entre ritmos (Cuadro 3).

Conforme se aumenta el número de extracciones semanales, la concentración espermática disminuye ( $p=0,0341$ ). Bencheikh (1995), Bodnar et al. (1996) y Bunaciu et al. (1996) obtienen también mayores concentraciones espermáticas en los ritmos más extensivos, probablemente debido a la disminución de las reservas epididimarias de espermatozoides al utilizar ritmos intensivos de recogida (Bencheikh, 1995).

A diferencia de nuestros resultados, tanto Bencheikh (1995) como Bodnár et al. (1996), hallaron que el volumen medio/eyaculado era significativamente mayor en el ritmo extensivo respecto a los intensivos.

En cuanto a la motilidad espermática, mientras Bencheikh (1995) encontró diferencias significativas a favor del ritmo extensivo, Bodnar et al. (1996), al igual que nosotros no observó ningún efecto significativo del ritmo.

El volumen y la concentración fueron evaluados en cada uno de los dos eyaculados que diariamente se recogían a los machos, mientras que el resto de las características (motilidad, acrosomas normales y morfoanomalias espermáticas) se estudiaron una vez los eyaculados habían sido mezclados (para simplificar el trabajo), es por ello que se dispone de un mayor número de observaciones para las variables de volumen y concentración espermáticas.

En cuanto al porcentaje de acrosomas normales, no disponemos de los datos de las cuatro primeras semanas de experiencia, por lo que el número de observaciones final es inferior al de el resto de características estudiadas.

### *2.2.2. Calidad seminal y orden de recogida*

Al igual que el ritmo, el factor orden de recogida sólo ejerce un efecto significativo sobre la concentración espermática, siendo la media para esta variable significativamente mayor en el segundo eyaculado que en el primero (Cuadro 5).

Cuadro 5 Concentración espermática (10<sup>6</sup>/ml). n=n° de observaciones

Ritmo de extracción	1 <sup>er</sup> eyaculado Media ± Error Estandar (n)	2 <sup>o</sup> eyaculado Media ± Error Estandar (n)
Ritmo extensivo	270,99 ± 61,95 (27)	363,51 ± 60,87 (28)
Ritmo semintensivo	127,25 ± 65,62 (40)	388,19 ± 48,70 (75)
Ritmo intensivo	97,85 ± 60,52 (67)	269,99 ± 48,43 (106)
Global	165,36 ± 39,56 <sup>a</sup> (134)	340,56 ± 39,36 <sup>b</sup> (209)

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí. (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

La interacción ritmo-orden de recogida no es significativa. A pesar de ello en el cuadro 4 podemos apreciar como el descenso en la concentración media que sufre el primer eyaculado según se intensifica el ritmo de recogida, es más pronunciado que el que sufre el segundo eyaculado.

Concretamente la concentración media del primer eyaculado del ritmo intensivo desciende un 63,89 por 100 respecto a la concentración media del primer eyaculado del ritmo extensivo, mientras que el descenso para el segundo eyaculado en estos mismos ritmos es sólo del 25.72 por 100. Además en los ritmos más intensivos la concentración media del segundo eyaculado duplica e incluso triplica la concentración del primer eyaculado para esos mismos ritmos.

Respecto al orden de recogida, otros autores como Abdel-Ghaffar et al. (1994) y Bencheikh (1995) también encuentran diferencias significativas a favor del segundo eyaculado en cuanto a concentración espermática y espermatozoides vivos/ml. Además en la bibliografía podemos encontrar que el volumen del segundo eyaculado des-

ciende respecto al primero, mientras que con la motilidad ocurre lo contrario (Bencheikh, 1995; López et al. 1996).

Sin embargo otros trabajos a pesar de observar esta tendencia, no encontraron diferencias significativas (Battaglini et al., 1992).

### 2.3. Dosis de inseminación por eyaculado útil y por semana

#### 2.3.1. Producción de dosis seminales y ritmo de recogida

Debido a las diferencias significativas existentes entre ritmos en la concentración espermática por eyaculado, también encontramos diferencias significativas ( $p=0,0142$ ) en el número de dosis de inseminación por eyaculado que se pueden obtener en cada uno de los tres ritmos. Como se puede apreciar en el Cuadro 6, conforme aumenta el ritmo de recogida se produce una disminución significativa en el número de dosis/eyaculado que se obtienen.

Cuadro 5: Número medio de dosis por eyaculado y por semana.  
Cálculos realizados para dosis de 0,5 ml y 15 millones de espermatozoides.

Ritmo de recogida	n	Dosis/eyaculado Media $\pm$ Error estandar.	n	Dosis/semana Media $\pm$ Error estandar
Ritmo Extensivo	51	20.45 $\pm$ 1.94 <sup>a</sup>	44	24.84 $\pm$ 9.68
Ritmo Semintensivo	100	13.99 $\pm$ 1.82 <sup>b</sup>	38	45.52 $\pm$ 9.87
Ritmo Intensivo	155	10.88 $\pm$ 1.71 <sup>c</sup>	43	37.89 $\pm$ 9.70

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí. ( $p<0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, si analizamos el número de dosis medio obtenido por semana para cada uno de los ritmos, vemos que los ritmos más intensivos obtienen un mayor número de dosis que el ritmo extensivo. Concretamente el ritmo semintensivo obtiene 20 dosis más que el extensivo y el intensivo 13 dosis más que el extensivo (Cuadro 5). A pesar de estas grandes diferencias no han resultado estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) por lo que la media global es del  $36,08 \pm 5,64$  dosis seminales/semana.

Los valores de dosis producidas por semana pueden variar desde 0 dosis, cuando no se ha obtenido ningún eyaculado útil del macho, hasta más de 80 dosis semanales cuando todos los eyaculados obtenidos del macho en un ritmo intensivo son útiles. Además disponemos de menos observaciones al estudiar la producción de dosis semanal que al estudiar la producción de dosis por eyaculado.

Estos factores pueden haber originado la falta de significación estadística a pesar de las grandes diferencias entre medias.

Para finalizar con el análisis de la producción de dosis/semana, sólo señalar que esta variable presenta correlaciones positivas y significativas con el nº de eyaculados recogidos/semana ( $r=0,3475$ ) y el nº de segundos eyaculados obtenidos por semana ( $r=0,3150$ ).

En relación a este punto, Bencheikh (1995) encuentra diferencias muy significativas a favor de los ritmos más intensivos, en cuanto al número de espermatozoides totales y espermatozoides vivos (concentración de espermatozoides totales y vivos x volumen) obtenidos por semana.

### *2.3.2. Producción de dosis seminales y orden de recogida*

Por otra parte, centrándonos en el orden de recogida de los eyaculados, existen diferencias significativas entre las medias de dosis producidas a partir del primer y segundo eyaculados, siendo la media para el segundo eyaculado mayor que para el primero (Cuadro 6)

Cuadro 6: Dosis/eyaculado ( $15 \times 10^6$ /dosis). n=n° de observaciones.

Ritmo de extracción	1er eyaculado Media $\pm$ Error Estandar (n)	2° eyaculado Media $\pm$ Error Estandar (n)
Ritmo extensivo	19,13 $\pm$ 2,80 (24)	21,76 $\pm$ 2,65 (27)
Ritmo semintensivo	6,82 $\pm$ 2,85 (30)	21,16 $\pm$ 1,92 (70)
Ritmo intensivo	6,80 $\pm$ 2,64 (47)	14,97 $\pm$ 1,78 (108)
Global	10,92 $\pm$ 1,60 <sup>a</sup> (101)	19,30 $\pm$ 1,56 <sup>b</sup> (205)

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí. ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la interacción ritmo-orden de recogida tampoco es significativa, aunque el descenso que se produce en el número de dosis medio cuando se aumenta el ritmo de recogida es mayor en el primer eyaculado que en el segundo.

El número de dosis producidas por eyaculado presenta correlaciones significativas y positivas con la concentración espermática ( $r=0,71$ ) y el volumen seminal ( $r=0,38$ ).

## 2.4.Capacidad de conservación

### 2.4.1.Capacidad de conservación y ritmo de recogida

Por último en nuestro trabajo estudiamos el efecto del ritmo de recogida sobre la capacidad de conservación del semen, valorando ésta mediante el porcentaje de espermatozoides móviles y el porcentaje de acrosomas normales a lo largo de 72 horas de conservación.

Cuadro 7. Motilidad espermática. Media  $\pm$  Error estandar. (%).  
n=n° de observaciones

Tiempo de conservación	Ritmo Extensivo	Ritmo Semintensivo	Ritmo Intensivo	Media Global
0h	70.93 $\pm$ 4.63 (40)	68.84 $\pm$ 4.51 (93)	70.60 $\pm$ 4.50 (137)	70.13 $\pm$ 5.16 <sup>a</sup> (270)
24h	36.18 $\pm$ 4.63 (40)	30.76 $\pm$ 4.53 (92)	27.55 $\pm$ 4.57 (129)	31.50 $\pm$ 5.15 <sup>b</sup> (261)
48h	28.93 $\pm$ 4.63 (40)	27.60 $\pm$ 4.62 (85)	21.53 $\pm$ 4.58 (128)	26.02 $\pm$ 5.14 <sup>c</sup> (253)
72h	26.18 $\pm$ 4.63 (40)	20.78 $\pm$ 4.62 (85)	18.29 $\pm$ 4.59 (127)	21.75 $\pm$ 5.14 <sup>d</sup> (252)

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

No se hallaron diferencias significativas entre las motilidades medias durante el periodo de conservación de los tres ritmos. Tampoco resultó significativa la interacción ritmo de recogida, tiempo de conservación. Sin embargo conforme avanza el tiempo de conservación se produce un descenso altamente significativo de la motilidad espermática (Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentaje de acrosomas normales.  
Media  $\pm$  Error estandar. (%). (n=n° de observaciones)

Tiempo de conservación	Ritmo Extensivo	Ritmo Semintensivo	Ritmo Intensivo	Media Global
0h	76.37 $\pm$ 4.24 (17)	82.48 $\pm$ 4.11 (34)	80.77 $\pm$ 3.87 (48)	79.87 $\pm$ 4.46 <sup>a</sup> (99)
24h	58.94 $\pm$ 4.24 (17)	76.50 $\pm$ 3.92 (41)	76.11 $\pm$ 3.77 (54)	70.05 $\pm$ 4.48 <sup>b</sup> (112)
48h	57.94 $\pm$ 4.24 (17)	73.85 $\pm$ 3.92 (41)	68.43 $\pm$ 3.78 (53)	67.08 $\pm$ 4.48 <sup>c</sup> (111)
72h	53.24 $\pm$ 4.24 (17)	67.70 $\pm$ 3.92 (41)	59.70 $\pm$ 3.92 (54)	60.15 $\pm$ 4.97 <sup>d</sup> (112)

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí. (p<0,05).

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo, y aunque las medias para el porcentaje de acrosomas normales en los tres ritmos no presentan diferencias significativas, ni tampoco su interacción con el tiempo de conservación, conforme avanza el tiempo de conservación también se produce un descenso significativo en la media de acrosomas normales. (Cuadro 9).

El descenso en el porcentaje de acrosomas normales no es tan rápido como el de la motilidad, de hecho a las 24h la media ha descendido en un 12,30 por 100, siendo el descenso a las 72 h del 24,68 por 100.

Ambas variables presentan una correlación significativa y positiva cuyo coeficiente de correlación es 0,22.

#### 2.4.2. Capacidad de conservación y orden de recogida

En ambas variables el efecto del eyaculado ha resultado significativo, sin que exista interacción significativa entre el eyaculado y el tiempo de conservación.

Cuadro 9. Motilidad epermática. Media  $\pm$  error estandar. (%). n=n° de observaciones.

Tiempo de conservación	1° eyaculado	2° eyaculado	Mezcla de eyaculados
0h	71,96 $\pm$ 6,77 (13)	72,18 $\pm$ 5,086 (109)	70,28 $\pm$ 4,98 (148)
24h	25,063 $\pm$ 6,95 (12)	36,62 $\pm$ 5,10 (106)	29,70 $\pm$ 4,99 (143)
48h	21,78 $\pm$ 6,95 (12)	29,79 $\pm$ 5,10 (106)	25,72 $\pm$ 5,008 (135)
72h	19,47 $\pm$ 6,94 (12)	23,94 $\pm$ 5,12 (103)	21,17 $\pm$ 5,003 (137)
Media global	34,57 $\pm$ 5,31 <sup>a</sup> (49)	40,57 $\pm$ 4,77 <sup>b</sup> (424)	36,72 $\pm$ 4,74 <sup>a</sup> (563)

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

El segundo eyaculado presenta medias superiores al primero tanto para motilidad como para el porcentaje de acrosomas normales, mientras que la mezcla de ambos eyaculados se sitúa entre ambos valores (Cuadros 9 y 10).

Cuadro 10. Porcentaje de acrosomas normales.  
Media  $\pm$  error estandar. (%) .n=n° de observaciones

Tiempo de conservación	1º eyaculado	2º eyaculado	Mezcla de eyaculados
0h	76,78 $\pm$ 7,088 (5)	85,51 $\pm$ 4,88 (39)	82,79 $\pm$ 4,59 (55)
24h	65,25 $\pm$ 7,070 (5)	75,27 $\pm$ 4,79 (45)	72,24 $\pm$ 4,55 (62)
48h	52,044 $\pm$ 7,081 (5)	75,51 $\pm$ 4,84 (44)	66,33 $\pm$ 4,55 (62)
72h	53,21 $\pm$ 7,070 (5)	69,12 $\pm$ 4,79 (45)	57,73 $\pm$ 4,55 (62)
Media global	61,82 $\pm$ 4,97 <sup>a</sup> (20)	76,35 $\pm$ 4,24 <sup>b</sup> (173)	69,77 $\pm$ 4,16 <sup>c</sup> (241)

Los valores señalados con letras diferentes en los supraíndices, presentan diferencias significativas entre sí ( $p < 0,05$ ).

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar cabe señalar que la experiencia se llevó a cabo durante un periodo de dos meses, por lo que sería interesante para poder confirmar los resultados, ampliar el periodo experimental así como comprobar el efecto que la edad de los machos pueda ejercer sobre las variables estudiadas.

### 3. Primeras conclusiones

- a. La concentración espermática del eyaculado, así como el número de dosis seminales/eyaculado disminuyeron de forma significativa, conforme se aumentó el ritmo de recogida de 2 saltos/semana a 4 y 6 saltos/semana en machos de 7 a 9 meses de edad. El mayor número de dosis producidas/semana se obtuvo mediante el ritmo de recogida de 4 saltos/semana distribuidos en 2 días, si bien las diferencias con los otros ritmos no fueron significativas.
- b. Los ritmos de recogida estudiados no ejercieron ningún efecto significativo sobre la tasa de recogidas útiles, la calidad espermática (volumen, motilidad y porcentaje de acrosomas normales en el momento de la recogida, y porcentaje de morfoanomalías espermáticas), así como tampoco sobre la capacidad de conservación de semen durante 72 h (motilidad y porcentaje de acrosomas normales durante 72 h de conservación).
- c. El orden de recogida, así como su interacción con el ritmo de recogida ejercen un efecto significativo sobre la tasa de recogidas útiles. El segundo eyaculado diario presenta una mayor tasa de recogidas útiles que el primero y mientras la tasa para el primero descende en los ritmos de extracción superiores a 2 saltos/semana, la tasa para el segundo eyaculado aumenta en los ritmos más intensivos.
- d. La concentración espermática y el nº de dosis producidas/eyaculado aumentan de forma significativa en el segundo eyaculado diario.
- e. El orden de recogida ejerce un efecto significativo sobre la motilidad y el porcentaje de acrosomas normales durante 72 h de conservación. El segundo eyaculado diario presenta medias superiores al primero, situándose la mezcla de eyaculados entre ambos valores.

## 4. Resumen

Se utilizaron 18 machos de la línea de alto crecimiento seleccionada por el IRTA , los cuales fueron sometidos a 3 ritmos de recogida diferentes (6 machos/ritmo). En los 3 ritmos a estudio se recogieron 2 eyaculados por macho con un intervalo de 10-15 minutos, siendo la frecuencia de extracciones de 1, 2 ó 3 días a la semana. Se evaluaron características referentes a la calidad seminal, a la producción de dosis seminales y a la capacidad de conservación del semen. De este modo, se comprobó que la concentración espermática del eyaculado, así como el número de dosis seminales/eyaculado disminuyen conforme se intensifica el ritmo de recogida. Sin embargo la producción total de dosis/semana es mayor en los ritmos más intensivos, no apreciándose ningún efecto significativo del ritmo sobre la motilidad y el porcentaje de acrosomas normales del semen durante las 72 h de conservación. Respecto al orden de recogida, ejerce un efecto significativo sobre la tasa de recogidas útiles, la concentración espermática, el número de dosis/eyaculado y la motilidad y el porcentaje de acrosomas normales durante el periodo de conservación, siendo en todos los casos superiores las medias para el segundo eyaculado que para el primero.

**Palabras clave:** conejo, macho, semen, ritmo, conservación.

## Agradecimientos

Al IRTA de Cataluña por cedernos reproductores de su línea macho terminal.

A NANTA por proporcionarnos el pienso Cunirex para alimentación de reproductores.

A los miembros de la Unidad de Reproducción y Obstetricia del Departamento del Patología Animal de la Facultad de Veterinaria de Zaragoza.

A Merche, Pili y Evangelina por su colaboración.

A Pilar y a los miembros del Servicio de Apoyo a la Investigación.

## Principales fuentes consultadas

- Abdel-Ghaffar, A.E., El-Azab, A.I., El-Dawy, K.H. 1994. Rabbit semen metabolism, *Cahiers Options méditerranéennes*, 8:305-312
- Battaglini, M., Castellini, C., Lattaioli, P. 1992. Variability of the main characteristics of rabbit semen, *J. Appl. Rabbit Res.* 15:439-446
- Bencheikh, N. 1995. Effet de la fréquence de collecte de la semence sur les caractéristiques du sperme et des spermatozoïdes récoltés chez la lapin, *Annales Zootechnie*, 44:263-279
- Bodnár, K., Török, L., Hejel, P., Bodnár, E. 1996. Preliminary study on the effect of ejaculation frequency on some characteristics of rabbit semen, 6th World Rabbit Congress, 2:41-44
- Bunaciu, P., Cimpeau, I., Bunaciu, M. 1996. Mating frequency effect on spermatogenesis and performance of breeding rabbits, 6th World Rabbit Congress, 2:51-54
- Chen, Y., Yang, X., Foote, R.H. 1989. Timed breeding of rabbits with fresh and frozen-thawed semen and evidence of acrosome alteration following freezing and thawing. *Animal Reproduction Science*, 18: 35-41
- Ducci, M., Gazzano, A., Sighieri, C., Rossi, P., Frateschi, T.L., Martelli, F. 1993. Valutazioni morfologica degli spermatozoi di coniglio, *Annali della facolta di Medicina Veterinaria di Pisa*, 46:227-237
- El-Gaafary, M.N.; 1994 The effects of gonadotropin releasing hormone on reproductive performance of low fertile male rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 8:313-320
- El-Masry, K.A., Nasr, A.S., Kamal, T.H. 1994, Influences of season and dietary supplementation with selenium and vitamin E or zinc on some blood constituents and semen quality of New Zealand White rabbits males. *World Rabbit Science*, 1994, 2(3), 79-86
- Falceto, M.V., Arroita, Z., Ciudad, M.J., Bascuas, J.A., De Alba, C., Martín Rillo, S., Gil, L., Espinosa, E., Echeagaray, A., Martínez, F., Josa, A. Estudio seminal del conejo durante su valoración como semental. II Congreso Ibérico de Reproducción animal, Lugo 7 al 10 de julio, 502-505

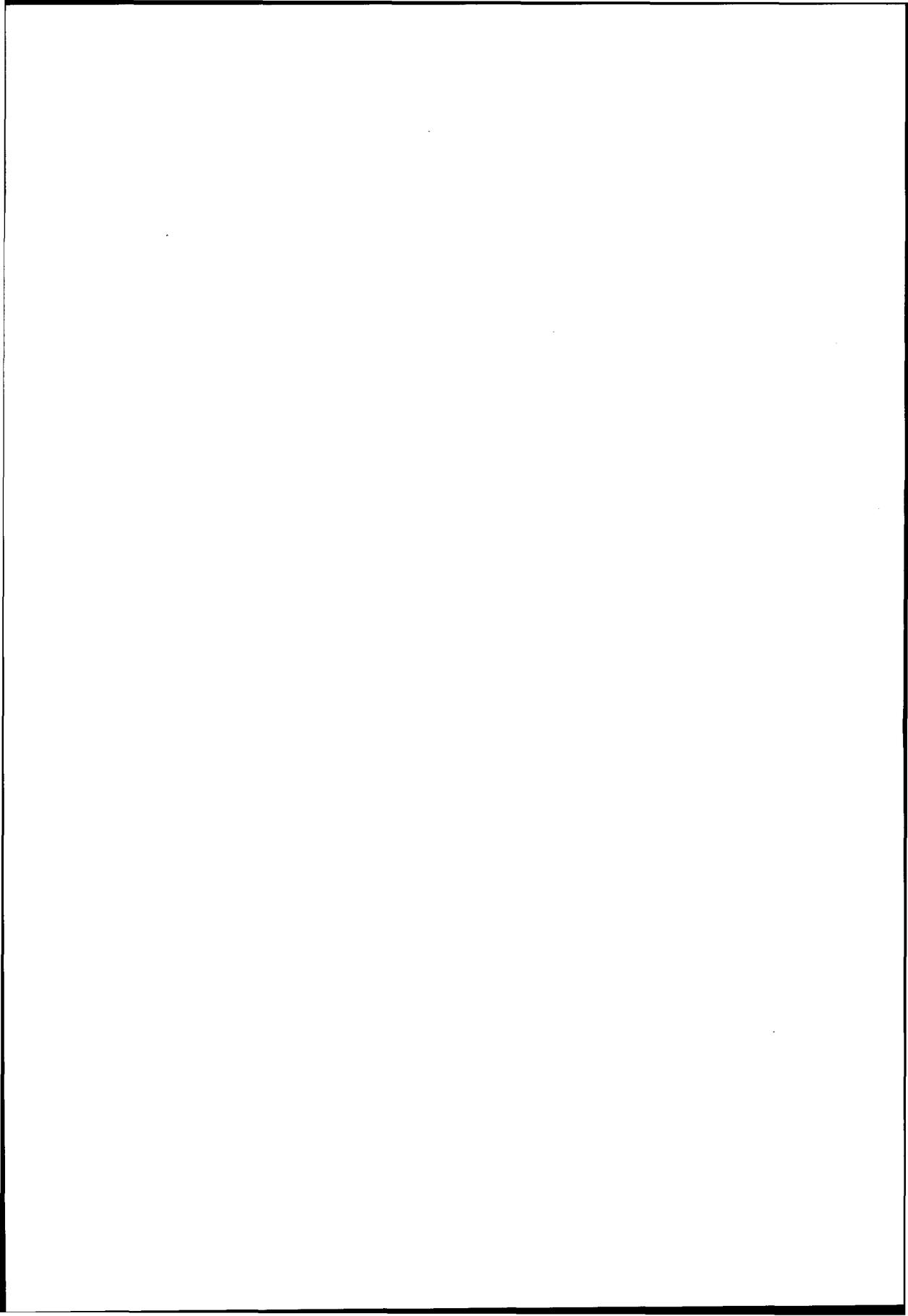
- Finzi, A., Morera, P., Kuzminsky, G. 1995. Sperm abnormalities as possible indicators of rabbit chronic heat stress, *World Rabbit Science* 3(4):157-161
- Harvey, W.R. 1987. User's Guide for LSMLMW PC-1 Version. Ohio State Univ., Columbus.
- Leyún, M. 1999. Aplicación práctica de un sistema en banda única, Jornadas profesionales de cunicultura, Especial reproducción y patología entérica. 27-29 octubre, 10.1-10.14
- López, J., Alvaríño, J.M.R., Del Arco, J.A., Bueno, A., Sanz, C. 1996. Effect of male rabbit management on semen production, 6th World Rabbit Congress, 2:83-86
- MAPA, 1997 en Piñan, J. 1999. Evolución del sector cunícola en España en los últimos años, Jornadas profesionales de cunicultura, Especial reproducción y patología entérica. 27-29 octubre, 1.1-1.4
- Martín, M. 1992. Medios de dilución y agentes crioprotectores del semen de conejo. Tesis Doctoral, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza
- Martínez, S., Roca, J., Vázquez, J.M., Martínez, E. 1997, Seasonal pattern of semen production in rabbits reared in either natural photoperiod or constant daylength. Congreso Ibérico de Reproducción Animal
- McNitt, J.I. 1981. Effect of frequency of service of male rabbits on fertility, *Journal of Applied Rabbit Research*, 4(1): 18-20
- Rodríguez, R., Denis R., Milanes, C.; 1996 Spermatoc evaluation of males young for the incorporation to rabbit reproduction. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, vol 2: 119-121
- Viudes de Castro, M.P., Vicente, J.S.; 1996 A simple method for freezing rabbit semen with successful results on fertility and prolificity. *Animal Reproduction Science*, 44: 195-201

## **EFFECT OF COLLECTION FREQUENCY ON QUALITY, STORAGE AND PRODUCTION OF YOUNG BUCKS SEMEN**

### **SUMMARY**

This work is focused on one of the most interesting factors in artificial insemination: the semen collection frequency. Eighteen bucks from the IRTA sire line were exposed to one of three different semen collection rhythms (6 males/rhythm). We collected two ejaculates per male with an interval of 10-15 minutes between them, one, two or three days per week. We assessed the ejaculates in reference to sperm quality, production of insemination doses and sperm conservation capacity. We found that sperm concentration and insemination doses produced per ejaculate, decreased as collection frequency increased. On the other hand, the number of insemination doses produced per week was higher in the more intensive rhythms than in the extensive one, without any significant effect of rhythm on sperm motility and normal acrosome percentage after 72h of storage. Collection order affected significantly, useful ejaculates collection rate, sperm concentration, dosis produce per ejaculate, and sperm motility and normal acrosome percentage during the 72 h storage period. The second ejaculate showed higher means than the first one.

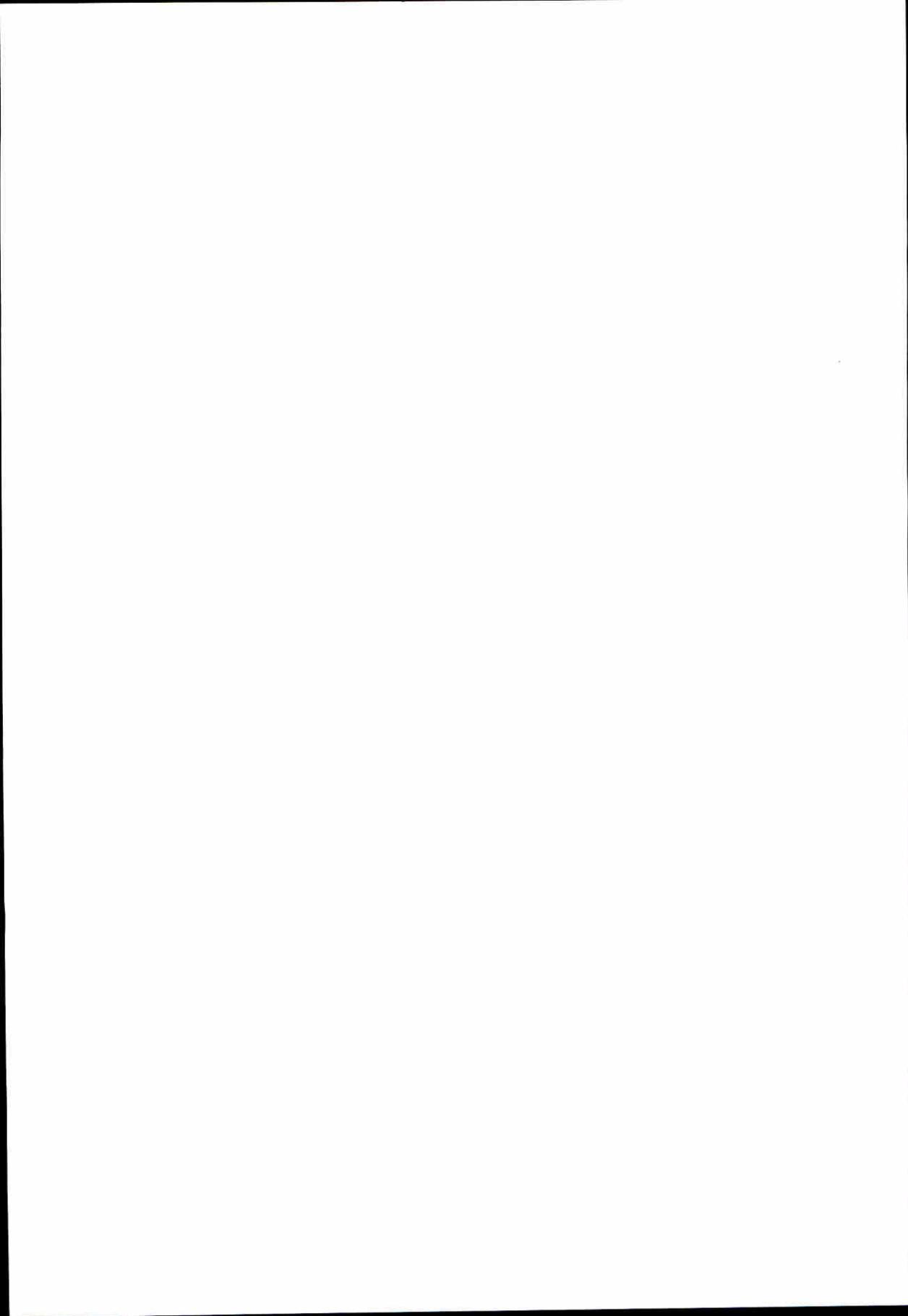
**Key words:** rabbit, male, sperm, rhythm, storage



## CAPÍTULO VI.4

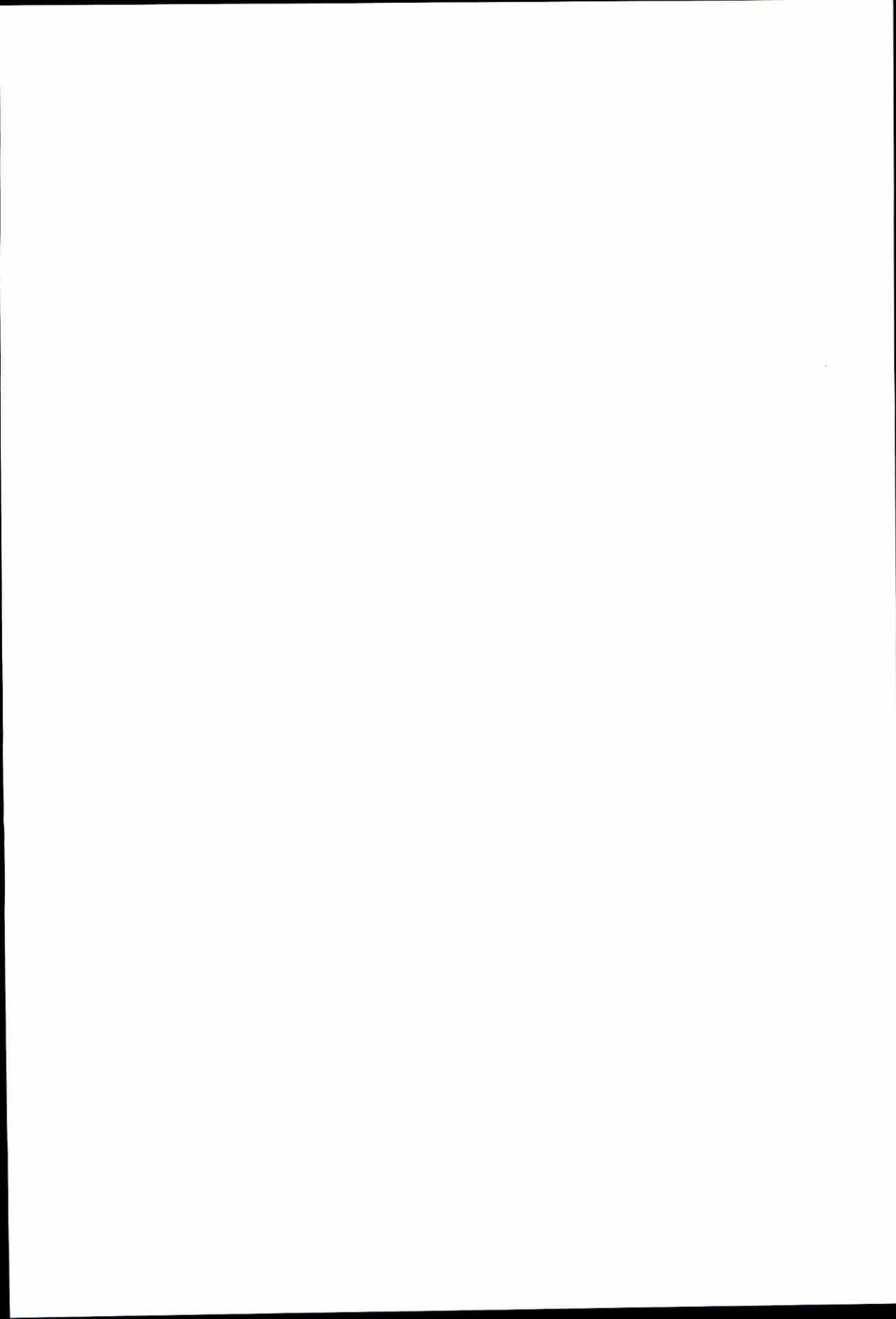
# **LA EXCRECIÓN RENAL DE DERIVADOS PÚRICOS COMO UN ÍNDICE DE LA INGESTIÓN DE NITRÓGENO MICROBIANO EN CONEJOS**

Alvaro Belenguer



# ÍNDICE

0. Introducción
  1. Material y Métodos
  2. Resultados y discusión
    - 2.1. Crecimiento e índice de transformación
    - 2.2. Ingestiones y digestibilidades
    - 2.3. Caracterización de la fermentación fecal
    - 2.4. Composición química de heces y cecotrófos
    - 2.5. Excreción urinaria de derivados púricos
    - 2.6. Excreción de cecotrofos: comparación entre ambos métodos de estudio
  3. Resumen
- Principales fuentes bibliográficas
- Agradecimientos



## 0. Introducción

Al igual que los rumiantes, los herbívoros monogástricos han desarrollado compartimentos de fermentación para optimizar la acción de la flora sobre los carbohidratos estructurales dada la incapacidad orgánica de poder digerirlos. No obstante, mientras que los rumiantes pueden aprovechar los cuerpos bacterianos resultantes del proceso de fermentación como fuente de proteína, esta capacidad se pierde cuando los compartimentos de fermentación se sitúan tras la digestión enzimática y consecuentemente esta fuente de proteína es excretada con las heces.

Para aprovechar estas fuentes de nutrientes algunas especies como el conejo han desarrollado un mecanismo denominado **cecotrofia**, que combina una retención selectiva de partículas en el ciego con cierta forma de coprofagia. Estos mecanismos resultan en la producción de dos tipos de heces, las heces duras y los cecotrofos que son ingeridos directamente en el ano. La ingestión de cecotrofos cubre, según los diferentes autores, entre un 10 y un 50 por 100 de la proteína ingerida (Hörnigke y Björnhag, 1980) y su composición se sabe relacionada con el contenido en N y en fibra de la dieta (Proto et al., 1968). Por tanto el ciego constituye una cámara de fermentación susceptible de ser utilizada para minimizar el aporte de proteína y/o AA de la dieta.

No obstante, dicha manipulación se ha visto limitada por la falta de una metodología adecuada para que la estimación de la síntesis microbiana sea fácilmente aplicable y no altere la fisiología digestiva del propio animal.

En nuestro departamento, recientemente, se ha estudiado la validez de la excreción urinaria de derivados púricos (DP) como índice del

flujo de bases púricas (BP) a través del duodeno y de la ingestión de N microbiano si estas pueden ser utilizadas como marcador de este sustrato. La excreción urinaria de DP permite estimar el flujo duodenal de BP (Ganuza, 1998), que en los animales cecotrofálicos, tiene dos componentes.

- a. El componente dietético.
- b. El microbiano,

procedente de la reingestión de heces blandas o cecotrofos que puede ser estimado por diferencia entre el flujo total y la ingestión de BP dietéticas.

No obstante, la aplicación práctica de dicho modelo requiere previamente su contraste con los métodos convencionales de medida así como su variación potencial ante las modificaciones en la dieta.

## **1. Material y Métodos**

Se utilizaron 64 conejos machos de raza Neozelandesa en periodo de cebo con una edad aproximada de 45 días y un peso vivo entre 1,5 y 1,6 Kg. Estos animales se distribuyeron en lotes de 8 individuos y cada lote recibió una de las raciones experimentales. Las raciones se formularon para modificar la ingestión de carbohidratos no estructurales (CNS) y estructurales (CHE). La composición química de las raciones se presenta en el cuadro 1 y durante la totalidad del periodo experimental se administraron «ad libitum».

Cuadro 1. Composición química (%) sobre MS de las raciones experimentales formuladas en base a dos tipos de CNS (cebada -C- y maíz-M) y de CHE (heno de alfalfa -H- y pulpa de remolacha -P), administrados a dos niveles (alto -A- y bajo -B).

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4	Dieta 5	Dieta 6	Dieta 7	Dieta 8
	ACBP	BCAP	AMBP	BMAP	BCAH	ACBH	BMAH	AMBH
% MS	93,37	94,35	92,66	93,38	94,14	92,43	93,64	92,24
% MO	94,04	93,55	95,04	93,57	91,14	92,13	91,23	93,14
% almidón	29,18	10,61	29,33	9,8	10,92	23,93	11,73	34,12
% FND	28,22	41,66	31,7	42,99	40,27	29,28	40,92	27,46
% FAD	17,25	24,26	18,00	24,45	26,59	18,15	26,16	16,53
% LAD	2,69	4,79	4,06	4,44	5,53	3,4	4,99	3,12
% PB	17,62	14,97	17,14	15,16	17,33	17,83	16,75	16,61
% EE	1,58	2,31	2,08	1,93	2,71	1,75	3,13	2,68
% cenizas	5,96	6,45	4,96	6,43	8,86	7,87	8,77	6,86

MS, materia seca; MO, materia orgánica; PB, proteína bruta; EE, extracto etéreo; FND, fibra neutro detergente; FAD, fibra ácido detergente; LAD, lignina ácido detergente..

Fuente: Elaboración propia.

Cada período experimental tuvo una duración de 21 días, la primera semana cada lote de animales permaneció en una jaula colectiva adaptándose al alimento. En el segundo subperíodo (7 días) los animales se trasladaron a jaulas individuales donde se continuó con la adaptación de los animales a la ración y controló la ingestión voluntaria de alimento, en el último subperíodo los animales fueron alojados en jaulas metabólicas para proceder a las diferentes pruebas experimentales. Tras dos días de adaptación a las jaulas se procedió al balance de digestibilidad y la colección de orina (día 3 al día 6), el último día (día 7) se procedió a la fijación de collares para evitar la cecotrofia y permitir la colección de heces duras y cecotrofos. Los animales se pesaron al inicio y final de cada subperíodo. Al finalizar el periodo experimental cuatro animales fueron sacrificados para llevar a cabo la extracción y muestreo del contenido digestivo.

Las heces fueron recogidas diariamente, se pesaron, agruparon individualmente y se almacenaron a  $-21^{\circ}\text{C}$ . Tras la colocación del collar se recogieron conjuntamente las heces secas y cecotrofos, que se almacenaron a  $-21^{\circ}\text{C}$ . La separación de heces y cecotrofos se realizó manualmente tras la descongelación de las muestras para su análisis. La orina se recogía diariamente en recipientes que contenían ácido sulfúrico para mantener niveles de  $\text{pH} < 3$  y evitar su contaminación. La alícuota de orina se pesó diariamente y un 10 % del total se diluyó hasta 200 ml. con agua destilada para evitar la precipitación del ácido úrico, almacenándose conjuntamente los 4 días de colección a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta el posterior análisis.

Tras el sacrificio de los animales se procedió a la separación y segmentación del intestino. Se determinó el peso de ciego y colon completos y vacíos. En el caso del ciego se determinó también el volumen.

El contenido del ciego se muestreó para la determinación de  $\text{NH}_4$  y ácidos grasos volátiles (AGV) (acidificadas con  $\text{HCl}$  0.2 N y 0.5 M  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , 50 mM- 3 metil valerato, respectivamente).

El resto del contenido cecal se empleó para la extracción de bacterias cecales mediante centrifugación diferencial (500 g y 5 min, 20000 g y 20 min) tras ser sometido inicialmente al proceso de desligamiento propuesto por Minatto y Sutto (1981). Los extractos bacterianos finalmente fueron liofilizados.

El contenido en MS del alimento, heces y cecotrofos se determinó mediante desecación en estufa ( $60^{\circ}\text{C}$  48 horas). Las muestras una vez secas se molieron a 1 mm. para el resto de determinaciones analíticas. El contenido en cenizas se determinó mediante incineración en mufla a  $550^{\circ}\text{C}$  durante 8 horas. La determinación total de N del alimento, cecotrofos y heces frescas, y bacterias se llevó a cabo mediante el método Kjeldhal siguiendo la modificación del ácido bórico propuesta por Scales y Harrison (1920). La determinación de FND, FAD y LAD en alimento se realizó según el método propuesto por Goering y Van Soest (1975) realizando un pretratamiento amilolítico (Van Soest

y col., 1991). El extracto etéreo en el alimento se realizó mediante su extracción con éter etílico (AOAC, 1990).

En el contenido cecal se analizó el contenido en AGV mediante cromatografía de gases (GLC) siguiendo la técnica descrita por Jouany (1982), y el amoniaco mediante la técnica colorimétrica descrita por Chaney y Marbach (1962) basada en la reacción de Berthelot (fenol-hipoclorito). Los DP en orina (alantoína, ácido úrico, xantina, hipoxantina) fueron analizados por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), de acuerdo con la técnica descrita por Balcells y col. (1992). Adenina y Guanina en las muestras de alimento (70 mg.), cecotrofos y bacterias cecales (15 mg.) se determinaron por la misma técnica con la modificación propuesta por Martín-Orué (1995).

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza según un diseño factorial  $2 \times 2 \times 2$  en el que se determinó la significación de los factores a estudio (tipo de carbohidrato no estructural, TCN; tipo de carbohidrato estructural, TCE y nivel de inclusión de carbohidratos, NC) con 8 animales por tratamiento según el modelo:

$$X_{ijk} = \mu + TCN_i + TCE_j + NC_k + (TCN \times TCE)_{ij} + (TCN \times NC)_{ik} + (TCE \times NC)_{jk} + (TCN \times TCE \times NC)_{ijk} + E_{ijkl}$$

## 2. Resultados y Discusión

### 2.1. Crecimiento e índice de transformación

En la cuadro 2 se presenta el ritmo de crecimiento y el índice de transformación (IT) de los animales utilizados. Los ritmos de crecimiento presentaron un valor medio de  $23,06 \pm 0,967$  g/d, a partir de un peso medio inicial de  $1,6 \pm 0,013$  Kg a los 45 días de edad, hasta un peso medio final de  $2,1 \pm 0,024$  Kg a los 66 días. No se apreciaron diferencias relacionadas con el tipo de carbohidrato no estructural.

Al comparar las raciones con diferente proporción de hidratos de carbono, aquellas con una elevada proporción de CNS dieron lugar a mayores ritmos de crecimiento ( $26,4$  vs  $19,8$ ;  $P < 0,001$ ) y menores índi-

ces de transformación (IT) (4,5 vs 5,3;  $P < 0,01$ ). Del mismo modo dependiendo del tipo de CHE se observaron diferentes ritmos de crecimiento. Así cuando los CHE procedían del heno de alfalfa los crecimientos fueron superiores a los registrados con la pulpa de remolacha (25,6 vs 20,4;  $P < 0,001$ ).

Coincidiendo con la bibliografía consultada la mayor proporción de CNS incrementa la disponibilidad energética de la ración y con ello el ritmo de crecimiento, disminuyendo los IT (de Blas, 1986; Gidenne, 1992; Garcia et al., 1993) aunque es cierto también que niveles de inclusión de fibra excesivamente bajos (9-26 por 100 FND; Champe y Maurice, 1983) pueden provocar ciertas alteraciones en el tránsito digestivo y en la fermentación cecal con la consiguiente reducción en los índices productivos.

Cuadro 2. Efecto de la inclusión en la dieta de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE), respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre los ritmos de crecimiento y el índice de transformación (IT) en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

	Nivel CNS	Tipo de CNS		Tipo de CHE		Significación efecto				
		CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH	Interacción
(g/d)	Crecimiento					7,68	T	**	●	NS
	Alto CNS	26,1	26,7	28,2	24,5					
	Bajo CNS	17,3	22,4	23,1	16,6					
	$\bar{\chi}$	[21,6]	[24,5]	[25,6]	[20,4]					
IT (g alimento/g ganancia)	Alto CNS	4,6	4,37	4,27	4,71	1,132	NS	NS	**	NCH-TCE*
	Bajo CNS	5,53	5,06	5,6	4,86					
	$\bar{\chi}$	[5,03]	[4,71]	[4,93]	[4,78]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, ( $P < 0,1$ ); \*, ( $P < 0,05$ ); \*\*, ( $P < 0,01$ ); \*\*\*, ( $P < 0,001$ ).

Fuente: Elaboración propia.

En relación al efecto del tipo de CHE, nuestros resultados difieren de los presentados por García et al (1993) quien sólo encontró diferencias cuando la pulpa de remolacha fue incluida en una proporción superior al 50 por 100 y el efecto depresor sobre los ritmos de crecimiento fueron solo significativos cuando este alimento fue administrado con cebada. Es necesario señalar que los mayores ritmos de crecimiento estuvieron relacionados con un mayor nivel de ingestión de MS, de forma que al analizar el IT sólo se apreciaron valores inferiores en las raciones con un mayor porcentaje de CNS.

## **2.2. Ingestiones y digestibilidades**

En el cuadro 3 se presentan la ingestión de materia seca (MS) g/d, o relativa al peso metabólico ( $\text{g/Kg PV}^{0,75}$ ) de los animales. Se presenta también la digestibilidad de la MS y la ingestión de materia orgánica digestible (MOD).

La ingestión media de materia seca fue de 112 g/d, y las diferencias entre ambos tipos de CNS fueron mínimas, alcanzando únicamente significación estadística cuando se expresaron por Kg de  $\text{PV}^{0,75}$ . Los niveles de ingestión de los animales que recibieron las raciones con bajos niveles de inclusión de CNS fueron numéricamente superiores a las raciones más concentradas, aunque las diferencias no alcanzaron significación estadística. En este sentido de Blas (1981), observa también un incremento en la ingestión de MS al hacerlo la fibra de la ración. Del mismo modo, Champe y Maurice (1983) aunque en este caso sólo entre la 5ª y 6ª semanas de edad. El mismo efecto fue también descrito por Gidenne (1992) y Bellier y Gidenne (1996), en condiciones similares a las registradas en nuestro experimento y podría considerarse una respuesta del animal a la dilución energética de la ración.

Cuadro 3. Efecto de la inclusión en la ración de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos solubles (CNS) o estructurales (CHE) respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre la ingestión y digestibilidad de MS y la ingestión de MOD en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

	Nivel CNS	Tipo de CNS		Tipo de CHE		Significación efecto				
		CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH	Interacción
Ingestión MS (g/d)	Alto CNS	116,1	107,8	117,3	106	18,99	NS	***	NS	NCH-TCE*
	Bajo CNS	112,3	112,9	127,7	97,5					
	$\bar{\chi}$	[114,1]	[110,4]	[122,5]	[101,6]					
(g/Kg PV <sup>0,75</sup> )	Alto CNS	67,7	62,1	66,4	63,1	9,36	*	***	NS	NCH-TCE*
	Bajo CNS	68,8	65,5	73,4	60,9					
	$\bar{\chi}$	[68,2]	[63,8]	[69,9]	[62]					
Digestibilidad MS	Alto CNS	71,4	72	70	73,5	5,31	NS	***	***	NCH-TCE***
	Bajo CNS	65,4	65,3	61	69,8					
	$\bar{\chi}$	[68,3]	[68,7]	[65,5]	[71,6]					
MODI (g/d)	Alto CNS	77,5	73,4	76,4	74,3	10,28	NS	T	**	NS
	Bajo CNS	67,7	67,6	70,9	64,3					
	$\bar{\chi}$	[72,4]	[70,5]	[73,7]	[69,1]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, (P<0,1); \*, (P<0,05); \*\*, (P<0,01); \*\*\*, (P<0,001).

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de MS fue superior en aquellas raciones formuladas en base a heno que en las formuladas en base a pulpa (P<0,001). Además, tales diferencias fueron más pronunciadas cuando la inclusión de CHE fue elevada (interacción tipo de CHE y nivel P<0,01). Nuestros resultados coinciden con trabajos previos (Fraga y col., 1991; Carabaño y col., 1997) y en general se considera que ciertas dificultades en la evacuación gástrica de la pulpa por sus particulares características físico químicas serían las responsables de tal efecto.

Las raciones con un mayor porcentaje de CNS mostraron mayores niveles de digestibilidad, coincidiendo en general con los resultados previos disponibles en bibliografía (De Blas, 1986; Gidenne, 1991; Bellier y Gidenne, 1995), aunque el tipo de CNS no alteró dichos coeficientes.

Sí se registraron diferencias en relación a la naturaleza de los CHE, así la digestibilidad de la MS de aquellas raciones formuladas en base a pulpa de remolacha fueron superiores a las registradas con heno de alfalfa ( $P < 0,001$ ). Efectivamente la pulpa de remolacha es un sustrato más digestible que el heno de alfalfa reflejando su menor contenido en lignina y en FAD (Van Soest y col., 1991). Por otra parte, la digestibilidad aparente de la propia FND es mucho más alta en la pulpa que en el heno, como indican los resultados descritos en bibliografía: la fracción de FND del heno de alfalfa fue digerida en un rango entre 15-47 por 100 dependiendo del tipo y corte (Gidenne et al., 1991; Pérez, 1994; García y col., 1995a, 1996), mientras que la pulpa alcanzó niveles del 84,5 por 100 (Gidenne, 1987). El incremento en la digestibilidad relacionado con la inclusión de pulpa se refleja con mayor evidencia al incrementar el nivel de inclusión (interacción NCH x tipo de CHE,  $P < 0,001$ ). Nuestros resultados coinciden con aquellos descritos por Fraga et al. (1991) y Carabaño y col. (1997).

La ingestión de MOD incrementó con la proporción dietética de CNS, básicamente por su mayor digestibilidad. Del mismo modo la ingestión de nutrientes digestibles tendió a ser mayor con el heno que con la pulpa. En este sentido la bibliografía consultada es contradictoria, así Carabaño et al. (1997) describen un incremento en la ingestión de MOD con la sustitución de pulpa por heno aunque dicho efecto no alcanzó significación estadística, mientras que Fraga et al. (1991) detectaron el efecto contrario.

### **2.3. Caracterización de la fermentación fecal**

En el cuadro 4 se presenta el efecto de los diferentes tratamientos a estudio sobre el peso y volumen del ciego y la composición química del contenido cecal. El peso del ciego fue de  $156,3 \pm 6,93$  g, el del órgano vacío  $41,6 \pm 1,05$  g y el del contenido cecal  $114,7 \pm 6,34$ .

El peso del ciego vacío tiende a mostrar un mayor peso en animales que ingirieron las raciones con un mayor porcentaje de pulpa como fuente de fibra. Coincidiendo con nuestros resultados de Blas (1986) tampoco pudo encontrar diferencias significativas en el peso del ciego vacío relativas a la ingestión de distintos niveles de fibra, sin

embargo en bibliografía los resultados son contradictorios, así mientras que Champe y Maurice (1983) observan que, al incrementar la ingestión de fibra, el peso relativo del ciego descende linealmente, Gidenne et al. (1991) describió contrariamente, un incremento de peso cecal al aumentar la ingestión de fibra.

Cuadro 4. Efecto de la inclusión en la dieta de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE) respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre las características químicas de la fermentación cecal (pH, concentración de amoníaco y AGV, peso completo y vacío, y volumen del ciego) en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

	Nivel CNS	Tipo de CNS		Tipo de CHE		Significación efecto				
		CEBADA	MAÍZ	HEÑO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH	Interacción
PH	Alto CNS	6,01	6,13	6,14	6	0,246	NS	NS	NS	NS
	Bajo CNS	6,09	5,94	6,08	5,95					
	$\chi$	[6,05]	[6,03]	[6,11]	[5,98]					
Amoníaco (mg/100 ml)	Alto CNS	4,89	5,53	5,05	5,37	2,469	NS	NS	NS	NS
	Bajo CNS	5,19	4,69	6,16	3,71					
	$\chi$	[5,04]	[5,11]	[5,6]	[4,54]					
AGV totales (mmol/l)	Alto CNS	64,6	62,2	62,2	64,5	9,56	NS	NS	NS	NS
	Bajo CNS	64	67,9	67	64,8					
	$\chi$	[64,3]	[65]	[64,6]	[64,7]					
Peso ciego completo (g)	Alto CNS	143,4	139,6	122,4	163,1	38,59	NS	***	•	NS
	Bajo CNS	171,8	168,8	148	192,6					
	$\chi$	[158,6]	[154,2]	[135,2]	[178,8]					
Peso ciego vacío (g)	Alto CNS	42,2	40,3	40,4	42,1	5,94	NS	T	NS	NS
	Bajo CNS	40,7	43,2	38,7	45,1					
	$\chi$	[41,4]	[41,7]	[39,6]	[43,6]					
Volumen ciego (ml)	Alto CNS	126,6	137,8	104,1	160,3	46,67	NS	***	*	NS
	Bajo CNS	156,3	168,3	136,5	188,1					
	$\chi$	[141,4]	[153,1]	[120,3]	[174,2]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, ( $P < 0,1$ ); \*, ( $P < 0,05$ ); \*\*, ( $P < 0,01$ ); \*\*\*, ( $P < 0,001$ ).

Fuente: Elaboración propia.

El peso del ciego completo fue superior ( $P < 0,001$ ) en aquellos animales que recibieron pulpa como fuente de fibra, como ya fue descrito por Fraga et al (1991) y García (1993). El incremento en el tamaño del ciego completo con el nivel de ingestión de fibra coincide también con los resultados de Hoover y Heitmann (1972) y Gidenne (1992).

A partir de nuestro trabajo, y la mayor parte de la literatura existente, se podría concluir que el ciego presenta cierta capacidad física de adaptación al tipo de dieta y que esta respuesta estaría modulada por la naturaleza de la ración (básicamente el tipo de fibra ingerida).

El pH cecal se mantuvo prácticamente constante e independiente del tratamiento experimental aunque sí se apreció una tendencia a ser menor en las raciones formuladas con pulpa. En general, se considera que el pH cecal disminuye con la ingestión de fibra (Bellier y Gidenne, 1996) o con la digestibilidad de la misma (García y col., 1995b; Carabaño et al., 1988). Sin embargo, existen otros trabajos en los que el nivel de fibra tampoco se reflejó en un descenso del pH (Champe y Maurice, 1983) ni tampoco el emplear fuentes de fibra muy digestibles (Gidenne y Jehl, 1996).

La concentración de amoníaco presentó un valor medio de 5,071 mg/100 ml, y aunque se situó en el rango descrito en bibliografía (3,5 hasta 12,2 mg/100 ml; Bellier y Gidenne, 1996; Carabaño et al., 1988; Morisse y col., 1985; Candau y col., 1980), los niveles registrados estarían en su límite inferior.

En cuanto a la concentración cecal de AGV los niveles obtenidos en el presente trabajo se situarían también en el rango descrito en la bibliografía (42 y 65 mM, Champe y Maurice, 1983; Bellier y Gidenne, 1996).

#### **2.4. Composición química de heces y cecotrofos**

En el cuadro 5 se presenta la excreción media de cecotrofos (g MS/d) y la composición en PB y FND de los cecotrofos y las heces, atendiendo a los principales factores de variación a estudio. La excre-

ción media fue de  $18 \pm 0,81$  g MS/d, producción que fue consistentemente superior a los valores obtenidos previamente en nuestro laboratorio ( $10,92 \pm 0,86$  g MS/d, Ganuza, 1998) pero dentro del rango descrito en trabajos en los que se utilizaron dietas similares (15 a 37 g MS/d, Gidenne y Lebas, 1987; Carabaño, 1988; Hörnicke, 1981).

Cuadro 5. Efecto de la inclusión en la dieta de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE), respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre la composición química de las heces duras y cecotrofos en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

	Nivel CNS	Tipo de CNS		Tipo de CHE		Significación efecto			
		CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH
<b>MS</b> Heces duras (g/d)	Alto CNS	33,5	30,4	35,3	10,76	NS	***	***	NCH-TCE***
	Bajo CNS	39,5	40	50	28,2				
	$\bar{\chi}$	[36,6]	[35,2]	[42,7]	[28,9]				
Cecotrofos	Alto CNS	16	16,8	19,8	6,33	NS	***	*	NS
	Bajo CNS	21,6	17,9	22,1					
	$\bar{\chi}$	[18,7]	[17,3]	[20,9]	[14,8]				
<b>PB</b> Heces duras %	Alto CNS	15,8	17,4	15,9	2,07	NS	**	***NCH-TCN*	
	Bajo CNS	15,2	15	14,8					
	$\bar{\chi}$	[15,5]	[16,2]	[15,3]	[16,4]				
Cecotrofos	Alto CNS	32,1	31	31,9	3,33	NS	NS	NS	NS
	Bajo CNS	31,8	32,1	31,7					
	$\bar{\chi}$	[32]	[31,5]	[31,8]	[31,6]				
<b>FND</b> Heces duras %	Alto CNS	66,6	64,7	66,5	2,51	NS	***	NS	NS
	Bajo CNS	65,4	65,4	67,1					
	$\bar{\chi}$	[66]	[65,1]	[66,8]	[64,2]				
Cecotrofos	Alto CNS	36,9	39,8	38,2	3,69	NS	•	***	NCH-TCN** NCH-TCE**
	Bajo CNS	36,2	35,2	37,2					
	$\bar{\chi}$	[36,6]	[37,5]	[37,7]	[36,4]				

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, ( $P < 0,1$ ); \*, ( $P < 0,05$ ); \*\*, ( $P < 0,01$ ); \*\*\*, ( $P < 0,001$ ).

Fuente: Elaboración propia.

La concentración media de PB fue claramente superior en los cecotrofos ( $31,7 \pm 0,43$ ) que en las heces ( $15,8 \pm 0,26$ ) mientras que la fibra presentó el efecto contrario, la concentración de FND fue consistentemente superior en las heces ( $65,5 \pm 0,32$ ) que en los cecotrofos ( $37,1 \pm 0,47$ ). Nuestros resultados confirman los valores previos citados en literatura (Carabaño et al, 1988; Carabaño et al, 1989; Fraga et al, 1991; Motta-Ferreira et al, 1996; Carabaño et al, 1997; Hornicke, 1981; Gidenne y Lebas, 1987; Feteke y Bokori, 1985; Ganuza, 1998) y la eficiencia del proceso de retención selectiva de partículas en ciego que permite constituir dos tipos de sustratos bien diferenciados químicamente. La eficiencia de dicho proceso en términos de N reciclado alcanzó valores próximos al 50 por 100.

El contenido en PB de los cecotrofos fue independiente del tratamiento experimental mientras que el de FND disminuyó de forma inversa al contenido del alimento presentando las menores concentraciones cuando los animales recibían aquellas dietas con un alto contenido en CHE. Este descenso fue más marcado en la pulpa y en las dietas formuladas en base a maíz (Interacción nivel de CNS x tipo de CNS y tipo de CHE,  $P < 0,01$ ), mostrando tendencias opuestas a las descritas en literatura donde por lo general se acepta que el contenido en fibra se incrementa con la concentración de la ración (Carabaño et al., 1988; Proto et al., 1968; Hörnicke y Björnhag, 1980; Fraga y col., 1984).

En el cuadro 6 se presenta la composición química de las bacterias del ciego. El contenido medio en N o PB fue de 8,9 y 56 g/100 g MO y el de BP  $67,4 \pm 1,13$   $\mu\text{mol/g}$  MO con un coeficiente medio BP/N de 0,755, valores superiores en todos los casos a los cecotrofos (5,6 y 35,2 g N y PB/100 g MO; 33,9  $\mu\text{mol/g}$  MO y coeficiente medio BP/N de 0,593). Con la precaución de que la información relativa a la composición de las bacterias cecales es escasa, el contenido en N fue similar a los valores obtenidos por Ganuza (1998) y estarían en el rango citado en bibliografía para las bacterias ruminales (6,5-9,9 g N/100 g MOD; Perez et al., 1996; Martín-Orúe et al., 1998; Legay-Garmier y Bauchart, 1989; Olubobokun et al., 1988).

Sin embargo, la concentración de BP y la relación de BP/N fue inferior a los obtenidos previamente en nuestro laboratorio (Ganuzo, 1998) (94,6  $\mu\text{mol/g MO}$ ), en animales con mayores pesos y sometidos a planos de alimentación inferiores (1,5 mantenimiento). Es difícil justificar estas diferencias, aunque variaciones de similar magnitud han sido descritas en bacterias ruminales (Martín-Orúe, 1998). El tratamiento experimental no modificó la composición química de las bacterias, excepto en el caso de la concentración de PB que fue modificada por el tipo de carbohidrato estructural administrado en la ración.

Cuadro 6. Efecto de la inclusión en la ración de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE) respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre la composición de la flora cecal en PB, BP y su relación BP/N en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

	Nivel CNS	Tipo de CNS		Tipo de CHE		Significación efecto				
		CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH	Interacción
<b>% PB sMO</b>						3,74	NS	**	*	NCH-TCN-TCE**
	Alto CNS	57,7	56,3	58,5	55,6					
	Bajo CNS	54,4	55,4	57,5	52,3					
	$\chi$	[56]	[55,9]	[58]	[53,9]					
<b>BP sMO</b>						6,38	NS	NS	NS	NCH-TCN**
	Alto CNS	71,5	65,1	69,2	67,4					
	Bajo CNS	62,8	70,3	67,6	65,6					
	$\chi$	[67,2]	[67,7]	[68,4]	[66,5]					
<b>BP/N</b>						0,8294	NS	NS	NS	NS
	Alto CNS	0,774	0,725	0,74	0,759					
	Bajo CNS	0,73	0,793	0,736	0,787					
	$\chi$	[0,752]	[0,759]	[0,738]	[0,773]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, ( $P < 0,1$ ); \*, ( $P < 0,05$ ); \*\*, ( $P < 0,01$ ); \*\*\*, ( $P < 0,001$ ).

Fuente: Elaboración propia.

Las BP dietéticas son digeridas masivamente en intestino delgado (75-98 %; Roth y Kirchgessner, 1980) y la fracción indigestible es un sustrato susceptible de ser degradado completamente por la fermentación microbiana, como se ha demostrado en otros compartimen-

tos (Perez et al., 1996), de esta forma las BP en los cecotrofos deben ser mayoritariamente microbianas y por tanto susceptibles de ser utilizadas como marcador microbiano con el fin de calcular la contribución de los microorganismos del ciego al reciclaje de N. La contribución del N bacteriano a los cecotrofos fue superior al 75 %, esta fue independiente del tratamiento experimental.

## 2.5. Excreción urinaria de derivados púricos

En el cuadro 7 se presenta la excreción urinaria de los derivados metabólicos de las bases púricas ( $\mu\text{mol/d}$  y  $\text{mmol/PV}^{0,75}$ ) junto con la relación DP/creatinina ( $\mu\text{mol}/\mu\text{mol}$ ). La excreción de alantoína y ácido úrico representaron la práctica totalidad de DP urinarios, confirmando los resultados previos obtenidos en nuestro departamento (Ganuza, 1998).

La alantoína fue el DP mayoritario y representó el 91 por 100 de la excreción total de purinas, y los niveles de excreción de AU ( $110,9 \mu\text{mol/PV}^{0,75}/\text{d}$ ) fueron similares a los registrados por Ganuza (1998).

La excreción media de DP fue de  $2132,2 \pm 110,301 \mu\text{moles/d}$ , cantidad que fue claramente superior a los niveles de excreción endógena publicados por Balcells y col.(1998) ( $588 \pm 40,2 \mu\text{mol/PV}^{0,75}$ ) y por tanto una vez superado este umbral las variaciones detectadas deberían ser explicadas teóricamente por la absorción de BP de origen exógeno.

Aquellos animales que ingerieron la ración formulada en base a heno de alfalfa presentaron mayores niveles de excreción de alantoína que aquellos que ingirieron pulpa de remolacha como fuente de fibra, incrementándose dichas diferencias con el nivel de inclusión de CHE (Interacción nivel CNS x tipo de CHE,  $p < 0,01$ ). Es cierto también que el maíz indujo mayores niveles de excreción que la cebada, aunque las diferencias en ningún caso alcanzaron significación estadística.

En el caso del AU, las cantidades excretadas en general fueron independientes del tratamiento experimental. Se observó un mayor ni-

vel de excreción de AU en aquellos animales que recibieron maíz como fuente de CNS y cuando este fue suministrado a bajos niveles (Interacción nivel CNS x tipo de CNS;  $p < 0,01$ ), aunque el significado biológico de dichas diferencias tuvo escasa relevancia en el balance final de excreción. Las excreciones de DP, tanto en valores absolutos o al expresarla por Kg de  $PV^{0,75}$  reflejaron aquellas observadas en las de alantoína sin que la diferencia en la excreción de AU modificara dichos resultados.

La excreción media de creatinina fue de  $671 \mu\text{mol}/PV^{0,75}/\text{d}$  y en aquellos casos en los que se apreciaron descensos significativos en la excreción de este catabolito la excreción de los diferentes compuestos urinarios fueron corregidos para dicho valor.

La relación DP/creatinina presentó una evolución similar a la excreción de DP en relación al tratamiento experimental, de esta forma aquellos animales que ingirieron heno de alfalfa presentaron mayores coeficientes A/C que aquellos que ingirieron pulpa, incrementándose dichas diferencias con el incremento dietético de cada uno de estos componentes (Interacción nivel CNS x tipo de CNS,  $p < 0,01$ ). Sin embargo, a diferencia de la excreción de DP en valores absolutos o corregidos para el  $PV^{0,75}$ , el tipo de CNS sí afectó dicha relación de forma que los animales que ingirieron cebada presentaron mayor relación A/C que aquellos que ingirieron maíz ( $p < 0,05$ ).

En los animales cecotrofágicos las purinas absorbidas en el duodeno proceden por una parte de aquellas bases púricas que han sido ingeridas y por otra de un componente microbiano, que atendiendo a los datos publicados en nuestro laboratorio (Balcells y col., 1998) son mayoritarias. Cualquier modificación en la excreción renal de DP puede ser interpretada en función de ambos componentes. En el cuadro 9 se presenta la ingestión de BP, y como se podía esperar la ingestión de BP dietéticas reflejó las diferencias en la concentración de BP del alimento original, siendo superior en aquellos animales que recibieron raciones formuladas con mayor porcentaje de cebada o heno de alfalfa. Sin embargo, aún considerando que la digestibilidad de las bases púricas del alimento es elevada (0,912; Chen et al., 1990) y relativamente

constante, las variaciones en el componente dietético no pudieron explicar las diferencias registradas en la excreción de DP urinarios.

El modelo propuesto por Ganuza (1998) permite estimar, a partir de la excreción urinaria de DP, el flujo duodenal de BP. La diferencia entre el flujo duodenal estimado y la ingestión de BP de origen dietético obtenida a partir del análisis del alimento permite determinar la fracción microbiana procedente de la ingestión de heces blandas o cecotrofos (cuadro 10).

La ingestión de BP microbianas fue modificada por el tratamiento experimental. Aquellos animales que ingirieron las raciones con una elevada proporción de CHE ingirieron mayores cantidades de BP microbianas (1,505 vs 0,667 mmoles/d;  $P < 0,01$ ) y entre ambas fuentes de CHE los niveles de ingestión fueron más altos entre aquellos conejos que ingirieron heno, sin embargo, en las raciones con un elevado porcentaje de CNS el efecto es contrario y la pulpa va a inducir mayores niveles de ingestión de BP microbianas. No se observaron diferencias en la ingestión de BP microbianas relativas al tipo de cereal o CNS utilizado.

El incremento en los niveles de inclusión e ingestión de CHE provocó un incremento significativo en la ingestión de BP de origen microbiano que indican un incremento en los procesos de fermentación cecal, efecto que no se refleja en los parámetros indicativos de la fermentación cecal (pH,  $\text{NH}_3$ , AGV). Nuestros resultados confirman aquellos previos obtenidos por Carabaño et al. (1988) y Gidenne y Jehl (1996) en los cuales determinaron una mayor producción de N en cecotrofos al incrementar la ingestión de CHE. Es difícil poder especular sobre la falta de respuesta en los parámetros indicativos de la fermentación cecal. El hecho de que los animales fuesen sacrificados a primera hora de la mañana, antes de la primera comida, podría justificar parte de la insensibilidad de dichos indicadores, sin embargo, en esta especie el estómago puede actuar como un reservorio que tamponaría en cierta medida la alteración circadiana en relación a los tiempos de ingestión con lo cual con independencia del tiempo de muestreo el ciego debería reflejar supuestas modificaciones en los procesos de fermentación.

La pulpa de remolacha presenta una mayor digestibilidad aparente que el heno de alfalfa (Cuadro 9). Efectivamente, con los niveles de inclusión de CHE bajos, la ingestión de BP microbianas como reflejo de una mayor actividad cecal, fue superior en aquellos animales que ingirieron las raciones con una mayor proporción de pulpa. Sin embargo, el efecto contrario se observó para los elevados niveles de inclusión de CHE. Es cierto que los animales alimentados con heno de alfalfa ingirieron mayores cantidades de MS (127,7 vs 97,2 g/d) pero aún así la ingestión de BP microbianas expresada por 100 g MODI siguió siendo superior con aquellos animales que ingirieron heno de alfalfa (3 mmoles/100 g MODI) que aquellos que ingirieron pulpa (1,24 mmoles/100 g MODI). Este descenso en el consumo de BP microbiana y probablemente en la actividad biosintética en el ciego podría estar relacionada con una fermentación, inducida por este sustrato, menos eficiente. En este sentido Fraga et al. (1991) y Gidenne et al. (1991) demostraron que la pulpa dió lugar a ritmos de tránsito más bajos que el heno. Una estrecha relación entre ritmos de tránsito y eficiencia de síntesis microbiana en los diferentes compartimentos digestivos ha sido demostrada fehacientemente en la bibliografía existente (ARC, 1984).

Cuadro 9. Efecto de la inclusión en la dieta de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE), respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre la excreción renal de DP y la relación DP/creatinina en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

	Nivel CNS	Tipo de CNS		Tipo de CHE		DE	Significación efecto			
		CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA		TCN	TCE	NCH	Interacción
Alantoina/d ( $\mu\text{mol/d}$ )	Alto CNS	1774,7	1591,7	1691,6	1673,7	822,41	NS	***	**	NCH-TCE**
	Bajo CNS	1973	2355	2757,3	1570,7					
	$\chi$	[1877,1]	[1985,6]	[2224,4]	[1618,8]					
AU/d ( $\mu\text{mol/d}$ )	Alto CNS	225,2	178,8	200,1	202,5	74,14	NS	NS	NS	NCH-TCS**
	Bajo CNS	148,8	201,6	185,5	167,2					
	$\chi$	[187]	[190,2]	[193,1]	[184,2]					
DP/d ( $\mu\text{mol/d}$ )	Alto CNS	1999,9	1774,3	1891,7	1881,8	868,52	NS	**	•	NCH-TCE**
	Bajo CNS	2167,5	2556,6	2986,2	2362,1					
	$\chi$	[2086,4]	[2178]	[2439]	[1805]					
DP/PV <sup>075</sup> /d (mmol)	Alto CNS	1,166	1,023	1,076	1,116	0,4863	NS	**	**	NCH-TCE**
	Bajo CNS	1,312	1,479	1,721	1,070					
	$\chi$	[1,241]	[1,258]	[1,398]	[1,091]					
DP/creat	Alto CNS	2,715	1,986	2,322	2,356	0,8717	•	*	*	NCH-TCE**
	Bajo CNS	2,826	2,751	3,302	2,305					
	$\chi$	[2,77]	[2,369]	[2,796]	[2,33]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, ( $P < 0,1$ ); \*, ( $P < 0,05$ ); \*\*, ( $P < 0,01$ ); \*\*\*, ( $P < 0,001$ ).

Fuente: Elaboración propia.

Una menor actividad cecal podría también justificar la diferencia observada, Carabaño et al. (1997) sugiere que una fracción importante de la FND de la pulpa, concretamente las pectinas, pueden ser digeridas antes del intestino grueso basándose en los trabajos de Gidenne (1992) quien obtuvo que un 50 por 100 de las pectinas fueron digeridas en intestino delgado. Merino y Carabaño (1992) utilizando raciones con 30 por 100 de pulpa determinaron que el 70 por 100 de FND

fue digerida previa a su entrada al ciego. Si ello es así, las bacterias resultantes de este proceso, principalmente la flora asociada al material particulado, podría ser excretado en la válvula ileocecal directamente en las heces duras sin contribuir por tanto a la formación y posterior ingestión de cecotrofos. Si la fermentación ileal resultase en un trasvase de N microbiano de cecotrofos a heces duras ello implicaría un incremento en el contenido de N o PB en las heces duras. En el cuadro 7 se comprueba como efectivamente el contenido en N de las heces correspondientes a las raciones con un elevado nivel de inclusión de pulpa fue superior al del heno de alfalfa. Este proceso sería compatible con una elevada digestibilidad de la pulpa y con un bajo nivel de reciclaje de N a través de los cecotrofos.

Cuadro 10. Efecto de la inclusión en la dieta de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE), respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre el flujo duodenal de BP estimado a partir de los DP urinarios, la ingestión de BP dietéticas y microbianas en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

mmol/d	Tipo de CNS		Tipo de CHE		Significación efecto					
	Nivel CNS	CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH	Interacción
Flujo duodenal BP						1,2403	NS	**	**	NCH-TCE***
	Alto CNS	1,556	1,175	1,329	1,408					
	Bajo CNS	2,063	2,308	3,131	1,256					
	$\chi$	[1,810]	[1,780]	[2,230]	[1,327]					
Ingestión BP dieta						256,21	•	***	NS	NCH-TCE***
	Alto CNS	919,6	815,6	986,3	737,5					
	Bajo CNS	896,2	848,4	1160,1	584,6					
	$\chi$	[907,5]	[832]	[1073,2]	[658,6]					
Ingestión BP mc						1,146	NS	*	**	NCH-TCE**
	Alto CNS	0,815	0,518	0,532	0,822					
	Bajo CNS	1,362	1,629	2,218	0,792					
	$\chi$	[1,089]	[1,111]	[1,375]	[0,806]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, (P<0,1); \*, (P<0,05); \*\*, (P<0,01); \*\*\*, (P<0,001).

Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Excreción de cecotrofos: comparación entre ambos métodos de estudio.

El método utilizado de forma convencional para la colección de cecotrofos como método para calcular la cantidad de N microbiano ingerido es la utilización de collares cervicales. Para ello, es asumido intrínsecamente que la totalidad de los cecotrofos son ingeridos de lo cual no existen evidencias experimentales (Proto et al., 1968).

La excreción media de cecotrofos,  $18 \pm 0,81$  g MS/d, coincide en general con los valores obtenidos en trabajos previos: Perez y col. (1997), 21,3 g MS/d; Nicodemus y col. (1997), 21,1 g MS/d; Gidenne y Lebas (1987), 20-25 g MS/d; y Carabaño et al. (1988), 15-30 g MS/d. En todos los trabajos citados anteriormente los periodos de fijación del collar y colección de excreta se situaron entre 12 y 24 h. Sin embargo, menores niveles de excreción fueron determinados cuando el periodo de colección excedió a 24 h, así Fraga et al. (1991) con un periodo de colección de 3 días obtuvo valores de 10 g MS/d que coincidieron además con los obtenidos en nuestro laboratorio (10,8 g MS/d; Ganuza, 1998) con un periodo de colección de 7 días. Parece existir una relación entre periodo de colección y volumen de excreción sin que ello afecte de forma importante a la composición de los mismos. Por otra parte parece ser cierto que la fijación de collares altera el comportamiento digestivo de los animales y ello se evidenció en una disminución significativa de la ingestión voluntaria (15-50 por 100), hecho ya observado anteriormente (Ganuza, 1998; Carabaño et al., 1997) y que se relaciona en general con situaciones de estrés, aunque se ha confirmado también que existen modificaciones digestivas como se desprende del descenso significativo en el ritmo de tránsito de la ingesta derivada de la fijación del collar y que fue independiente de los niveles de ingestión (Fraga et al., 1991).

Por tanto, es difícil concluir si periodos de colección cortos van a conllevar una sobrestimación en los niveles de excreción o si por el contrario los menores valores determinados en periodos largos de colección son debidos a alteraciones digestivas inducidas por el tratamiento experimental. Por tanto a nivel comparativo, y fijando las con-

diciones experimentales, la colección de cecotrofos puede ser un método válido para determinar diferencias en la fermentación cecal. Sin embargo, existe incertidumbre en el momento de cuantificar la contribución en valores absolutos de la proteína microbiana a la ingestión de N o AA y este es un punto fundamental en la formulación comercial de raciones. Asumiendo que los cecotrofos son ingeridos en su totalidad, en el cuadro 11 se presenta el reciclaje de N estimado a partir de la excreción fecal de cecotrofos. El reciclaje de N incrementó con el nivel de inclusión de CHE en la dieta fundamentalmente cuando la fuente utilizada fue el heno de alfalfa.

En relación al nivel de inclusión de fibra, Carabaño et al.(1988) observó también una mayor excreción de N en los cecotrofos con las dietas más fibrosas. No obstante, al comparar el efecto de fuentes de fibra (heno y pulpa) sobre la excreción de cecotrofos y reciclaje de N, Fraga y col. (1991) no pudieron detectar diferencias, aunque sí evidenció efectos importantes de la pulpa sobre el ritmo de paso de la fase sólida. Es necesario citar que en este trabajo se utilizaron periodos de colección de 72 h.

Una mayor ingestión de CHE en aquellas raciones formuladas con un elevado porcentaje de pulpa o heno implicaría una mayor disponibilidad de sustrato fermentable y por tanto mayores niveles de fermentación microbiana. No obstante, es difícil justificar las diferencias y el sentido de las mismas entre heno de alfalfa y pulpa pero los resultados parecen indicar que la pulpa puede ser fermentada con una menor eficiencia o que la flora producida no contribuya al reciclaje de N como fue comentado en el capítulo anterior.

En relación al tipo de CNS las diferencias no alcanzaron significación estadística, coincidiendo en general con trabajos previos (Perez y col., 1997).

Cuadro 11. Efecto de la inclusión en la dieta de maíz o cebada y heno de alfalfa o pulpa de remolacha como fuente de carbohidratos no estructurales (CNS) o estructurales (CHE) respectivamente así como su administración a dos niveles (alto CNS/bajo CNS) sobre el reciclaje de N, calculado a partir de la colección de cecotrofos y la excreción de DP en conejos Neozelandeses alimentados «ad libitum».

mmol/d	Tipo de CNS					Tipo de CHE		Significación efecto		
	Nivel CNS	CEBADA	MAÍZ	HENO DE ALFALFA	PULPA DE REMOLACHA	DE	TCN	TCE	NCH	Interacción
Reciclaje N [DP en orina]	Alto CNS	1,386	0,882	0,998	1,336	2,2563	NS	•	*	NCH-TCE**
	Bajo CNS	2,282	2,999	3,986	1,331					
	$\bar{X}$	[1,815]	[2,136]	[2,547]	[1,333]					
Reciclaje N [colección cecot.]	Alto CNS	0,830	0,882	1,014	0,653	0,3239	NS	***	*	NS
	Bajo CNS	1,078	0,911	1,106	0,857					
	$\bar{X}$	[0,954]	[0,898]	[1,062]	[0,767]					

DE, desviación estándar; TCN, TCE, NCH, significación estadística de los efectos tipo de CNS, tipo de CHE y nivel de CNS respectivamente; NS, no significativo; T, (P<0,1); \*, (P<0,05); \*\*, (P<0,01); \*\*\*, (P<0,001).

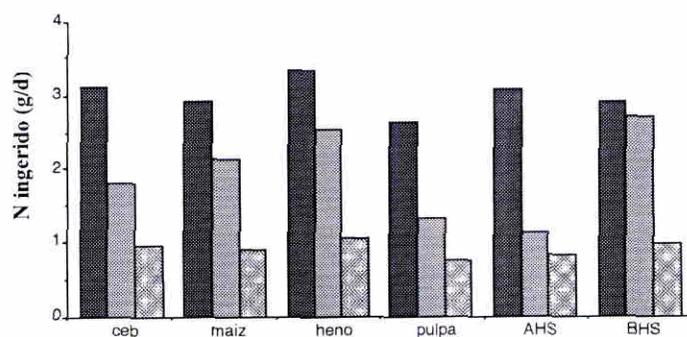
Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 11 se presenta también la estimación del reciclaje de N a partir de la excreción urinaria de DP mediante el modelo propuesto por Ganuza (1998). Conociendo las BP de origen microbiano ingerido y la relación BP/N para cada situación experimental puede estimarse el reciclaje de N, de forma indirecta sin modificar el comportamiento digestivo de los animales. El comportamiento del reciclaje de N, estimado por el método de los DP, refleja sin grandes modificaciones, las variaciones inducidas por el tratamiento experimental sobre el consumo de BP microbianas. De hecho la relación BP/N en los cecotrofos fue independiente del tratamiento experimental. De esta forma el reciclaje de N fue mayor al incrementar el aporte de fibra, y en el caso del heno de alfalfa cuando se consideran las dietas con un elevado nivel de CHE mientras el efecto contrario se aprecia entre fuentes de CHE cuando se consideraron las dietas con un elevado nivel de CNS. En la figura 1 se presenta gráficamente la ingestión de N microbiano (Nmc) en relación al N ingerido cuando la primera es

determinada, a partir de la excreción de cecotrofos o indirectamente a partir de la excreción urinaria de DP.

En general las estimaciones derivadas de la excreción de DP sobrestimaron la ingestión de N en relación a los valores procedentes de la colección de cecotrofos (1,99 y 0,93 g/d) aunque en general las variaciones obtenidas en los niveles de ingestión de Nmc inducidos por el tratamiento experimental se reflejaron de forma similar en los resultados derivados de ambas metodologías. Ninguno de los efectos a estudio pudo explicar con una cierta consistencia estadística las diferencias obtenidas entre ambos métodos.

Figura 1. Valores medios de N reutilizado o reciclado por el mecanismo de la cecotrofia cuando este es estimado a partir de su colección utilizando collares cervicales para evitar dicho proceso □ o a partir de la excreción urinaria de DP ■ . Se presenta también la ingestión de N dietético en g/d ■ de dietas formuladas utilizando cebada o maíz como fuente de CNS y alfalfa o pulpa como fuentes de CHE administrados a dos niveles de inclusión administrados «ad libitum» en conejos en cebo.



Fuente: Elaboración propia

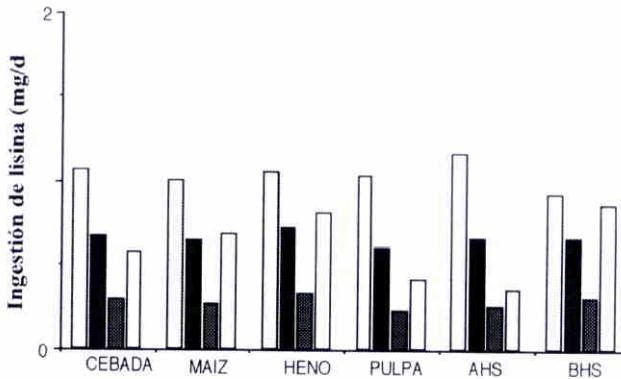
Sin duda, la excreción de DP es un método más fácil de aplicar y no agrede al fisiologismo digestivo del animal por lo que es útil tanto a nivel cuantitativo como comparativo. No obstante, es difícil establecer su validez así como sus posibles deficiencias a partir de una meto-

dología como la colección de cecotrofos sujeta a multitud de factores de variación que dificultan su utilización como método de referencia.

En cualquier caso ambas metodologías confirman en este experimento la importancia del proceso de cecotrofia en la alimentación del conejo y lo más importante es que esta contribución depende de los factores dietéticos a estudio con lo cual es necesario incluir los datos relativos a la producción microbiana en aras a minimizar los precios de la ración.

Por último, se presenta en la figura 2 la contribución de lisina en la ingestión total de aminoácidos (AA) para determinar la significación de este proceso en el metabolismo aminoacídico del animal. La importancia de la cecotrofia se hace evidente cuando la contribución microbiana a la ingestión se refiere a un AA esencial como la lisina cuya concentración es particularmente importante en las bacterias cecales (Ganuza et al., 1999).

Figura 2. Valores medios del consumo de lisina de origen microbiano estimado a partir de la colección total de cecotrofos  o a partir de la excreción de DP  . Se presenta también la ingestión dietética  y las necesidades de lisina para animales de estas características  .



Fuente: Elaboración propia.

### 3. Resumen y primeras conclusiones

Para estimar el reciclaje de nitrógeno en conejos mediante la colección de cecotrofos y la excreción urinaria de derivados púricos, se emplearon 8 lotes de 8 animales. Las dietas experimentales, formuladas con dos fuentes de carbohidratos no estructurales (cebada o maíz) y estructurales (heno de alfalfa o pulpa de remolacha), administrados a dos niveles de inclusión (alto o bajo), se ofrecieron durante 21 días, procediéndose la última semana a la colección de heces, orina (4 días) y cecotrofos (24 horas) y posteriormente al sacrificio de 4 conejos de cada lote. El tipo de cereal no afectó a los parámetros de crecimiento. El consumo voluntario y el crecimiento fueron superiores con heno que con pulpa (118.6 y 25.6 vs 104.2 y 20.4 g/d), a pesar de la mayor digestibilidad de la pulpa (71.6 vs 65.5). El crecimiento también fue superior con las raciones que presentaban mayor nivel de cereal (26.4 vs 19.8). Las estimaciones del nitrógeno ingerido a partir de los derivados púricos fueron afectadas por la dieta, del mismo modo que las derivadas de la colección de cecotrofos, aunque éstas fueron claramente inferiores (1,988 vs 0,925 g/d).

Palabras clave: conejos, reciclaje de nitrógeno, derivados púricos.

La cecotrofia contribuye significativamente a la ingestión total de nitrógeno en conejos en cebo, siendo dicha contribución dependiente de los factores a estudio. La cuantificación de esta contribución parece estar sobreestimada cuando los derivados púricos son utilizados como índice predictivo, sin embargo no existen evidencias experimentales de que la colección de cecotrofos pueda ser utilizada como índice fiable del reciclaje de nitrógeno.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Purina España, S.A. El autor A. Belenguer ha disfrutado de una beca de la Institución Fernando el Católico de la Excma. Diputación Poviencial de Zaragoza.

## Principales fuentes bibliográficas

- AOAC (1990). Official Methods of Analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A.
- ARC (1984). The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. Suppl. 1. Ed.. CAB, Slough, London.
- Balcells, J., Guada, J.A., Peiró, J.M. y Parker, D.S. (1992). Simultaneous determination of allantoin and oxypurines in biological fluids by high-performance liquid chromatography. *J. Chrom.* **575**, 153-157.
- Balcells, J., Ganuza, J.M., Pérez, J.F., Martín-Orúe, S.M. y Gonzalez Ronquillo, M. (1998) Urinary excretion of purine derivatives as an index of microbial-nitrogen intake in growing rabbits. *British Journal of Nutrition* **79**, 373-380.
- Bellier, R. y Gidenne, T. (1996). Consequences of reduced fibre intake on digestion, reate of passage and caecal microbial activity en the young rabbit. *British Journal of Nutrition* **75**, 353-363.
- Bellier, R. y Gidenne, T. (1995). Incidence of the source of fibre in the caecal fermentation pattern of the growing rabbit. *Annales Zootechnie* **44**, Suppl, 187.
- Candau, M., Fioramonti, J. y Touitin, M. (1980). Sites de degradation de l'urée dans le tube digestif du lapin. Second World Rabbit Cong., Barcelona. pp. 81-89.
- Carabaño, R., Fraga, M.J., Santoma, G. y de Blas, J.C. (1988). Effect of diet on composition of cecal contents and on excretion and composition of soft and hard feces of rabbits. *Journal of Animal Science* **66**, 901-910.
- Carabaño, R., Motta-Ferreira, W, de Blas, J.C. y Fraga, M.J. (1997). Substitution of sugarbeet pulp for alfalfa hay in diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology* **65**, 249-256.
- Carabaño, R., Fraga, M.J., y de Blas, J.C. (1989). Effect of protein source in fibrous diets on performance and digestive parameters of fattening rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* **12**, 201-204.

- Champe, K.A. y Maurice, D.V. (1983). Response of early weaned rabbits to source and level of dietary fiber. *Journal of Animal Science*, vol. **56**, No. 5, 1105-1114.
- Chaney, A.L. y Marbach, E.P. (1962). Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* **8**, 131-142.
- Chen, X.B., Hovell, F.D. DeB., Orskov, F.R. y Brown D.S. (1990). Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous supply on purine derivative excretion by sheep. *British Journal of Nutrition* **63**, 131-142.
- de Blas, J.C., Pérez, E., Fraga, M.J., Rodríguez, J.M. y Gálvez J.F. (1981). Effect of diet on feed intake and growth of rabbits from weaning to slaughter at different ages and weights. *Journal of Animal Science*, vol. **52**, No. 6, 1225-1232.
- de Blas, J.C., Santomá, G., Carabaño, R. y Fraga, M.J. (1986). Fiber and starch levels in fattening rabbit diets. *Journal of Animal Science* **63**, 1897-1904.
- Feteke, S. y Bokori, J. (1985). The effect of the fiber and protein level of the ration upon the cecotrophy of rabbit. *Journal of Applied Rabbit Research* **8**, 68-71.
- Fraga, M.J., Barreno, C., Carabaño, R., Méndez, J. y de Blas, J.C. (1984). Efecto de los niveles de fibra y proteína del pienso sobre la velocidad de crecimiento y parámetros digestivos de los conejos. *Anales INIA, Serie Ganadera* **21**, 91-110.
- Fraga M.J., Pérez P., Carabaño R. y de Blas J.C. (1991). Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of the soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *Journal of Animal Science* **69**, 1566-1574.
- Ganuza, J.M. (1998). Excreción urinaria de los derivados metabólicos de las bases púricas como índice de la ingestión de proteína microbiana en animales cecotrofágicos. *Tesina de Licenciatura*, Universidad de Zaragoza.

- Ganuza, J.M., Balcells, J., Pérez, J.F., Fondevila, M. y Parker, D.S. (1999). Nutritive value of caecum microorganism and cecotrophes in rabbits. *Proceedings of the British Society of Animal Science* p. 223
- García G., Gálvez J.F. y de Blas J.C. (1993). Effect of substitution of sugarbeet pulp for barley in diets for finishing rabbits on growth performance and on energy and nitrogen efficiency. *Journal of Animal Science* **71**, 1823-1830.
- García, J., Pérez-Alba, L., Alvarez, C., Rocha, R., Ramos, R. y de Blas, C. (1995a). Prediction of the nutritive value of lucerne hay in diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology* **54**, 33-44.
- García J., de Blas J.C., Carabaño R. y García, P. (1995b). Effect of type of lucerne hay on caecal fermentation and nitrogen contribution through caecotrophy in rabbits. *Reproduction, Nutrition and Development* **35**, 267-275.
- García J., Carabaño R., Pérez-Alba, L. y de Blas J.C. (1996). Effect of fibre source on neutral detergent fibre digestion and caecal traits in rabbits. En: Lebas, F. (ed.) *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress*. Association Française de Cuniculture, Lempdes, pp. 175-180.
- Gidenne T. (1992). Effect of fibre level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbit. *British Journal of Nutrition* **67**, 133-146.
- Gidenne T. y Lebas F. (1987a). Estimation quantitative de la caecotrophie chez le lapin en croissance: variations en fonction de l'âge. *Annales Zootechnie* **36** (3), 225-336.
- Gidenne T. (1987b). Effet de l'adition d'un concentré riche en fibres dans une ration à base de foin, distribuée à deux niveaux alimentaires chez la lapin adulte. 2. Mesures de digestibilité. *Reproduction, Nutrition and Development* **27**, 801-810.
- Gidenne T. y Jehl N. (1996). Replacement of starch by digestible fibre in the feed for the growing rabbit. 2. Consequences for microbial activity in the caecum and on incidence of digestive disorders. *Animal Feed Science and Technology* **61**, 193-204.

- Gidenne, T., Carré, B., Muriel Segura, Lapanouse, A. y Jöelle Gomez (1991). Fibre digestion and rate of passage in the rabbit: effect of particle size and level of lucerne meal. *Animal Feed Science and Technology* **32**, 215-221.
- Goering H.K. y Van Soest P.J. (1975). Forage fiber analysis. Agricultural Research Service. Agricultural Handbook n° 379 US Department of Agriculture.
- Hoover W.H. y Heitmann R.N. (1972). Effects of dietary fiber levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty acid production in rabbits. *J. of Nut.* **102**, 375-380.
- Hörnricke H. (1981). Utilization of caecal digesta by caecotrophy (soft faeces ingestion) in the rabbit. *Livestock Production Science* **8**, 361-366.
- Hörnricke H. y Björnhag G. (1980). Coprophagy and related strategies for digesta utilization. In: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. pp 707-730. MTP Press Limited. Lancaster.
- Jouany J.P. (1982). Volatile fatty acid and alcohol determination in digestive contents, silage juices, bacterial cultures and anaerobic fermentor contents. *Sci. Aliments* **2**, 131-144.
- Legay-Carmier, F. y Bauchart, D. (1989). Distribution of bacteria in the rumen contents of dairy cows given a diet supplemented with soya bean oil. *British Journal of Nutrition* **61**, 725-740.
- Martin Orué, S.M., Balcells J., Guada J.A. y Castrillo C. (1995). Endogenous purine and pyrimidine derivative excretion in pregnant sows. *British Journal of Nutrition* **73**, 375-385.
- Martin Orué S.M (1998). Efecto del nivel de suplementación de proteína degradable sobre la fermentación ruminal y la síntesis microbiana en raciones compuestas mayoritariamente por concentrados administradas a terneros en crecimiento. *Tesis doctoral*, Universidad de Zaragoza.
- Merino, J.M. y Carabaño, R. (1992). Effect of type of fibre on ileal and fecal digestibilities. *Journal of Applied Rabbit Research* **15**, 931-937.

- Minato H. y Suto T. (1981) Technique for fractionation of bacteria in rumen microbial ecosystem: II. Attachment of rumen bacteria to cellulose in vitro and elution of bacteria attached to it. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **27**, 21-31.
- Morisse, J.P., Boilletot, E. y Maurice, R. (1985). Changes induced by feeding in intestinal environment of rabbits (VFA, NH<sub>3</sub>, pH, flora). *Rec. Méd. Vét.* **161**, 443.
- Motta-Ferreira W., Fraga M.J. y Carabaño R. (1996). Inclusion of grape pomace, in substitution for alfalfa hay, in diets for growing rabbits. *Animal Sci.* **63**, 167-174.
- Nicodemus N., García J., Carabaño R., Méndez J. y de Blas J.C. (1997). Efecto del tamaño de partícula sobre la digestión en conejos. *ITEA, Volumen extra 18-Tomo I*, 184-186.
- Olubobokun, J.A., Craig, W.M., Nipper, W.A. (1988). Characteristics of protozoal and bacterial fractions from microorganisms associated with ruminal fluid or particles. *Journal of Animal Science* **66**, 2101-2110.
- Perez, J.F., Balcells, J., Guada, J.A. y Castrillo, C. (1996) Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using <sup>15</sup>N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenum. *British Journal of Nutrition* **75**, 699-709.
- Perez, J.M. (1994). Digestibilité et valeur énergétique des luzernes deshydratées pour le lapin: influence de leur composition chimique et de leur technologie de préparation. En: *Vièmes Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle*, Vol. 2, pp. 355-364.
- Perez, J.F., Amber K.H., Blas E., Martín-Orúe S.M. y Balcells J. (1997). Composición de las heces blandas de los conejos. Efecto del tipo y nivel de inclusión de cereal sobre su contenido en N y sobre la relación BP/N. *ITEA, Volumen extra 18-Tomo I*, 193-195.
- Proto V., Gargano D. y Gianani L. (1968). La coprofagia del coniglio sottoposto a differenti diete. *Prod. Animal* **7**, 157-171.

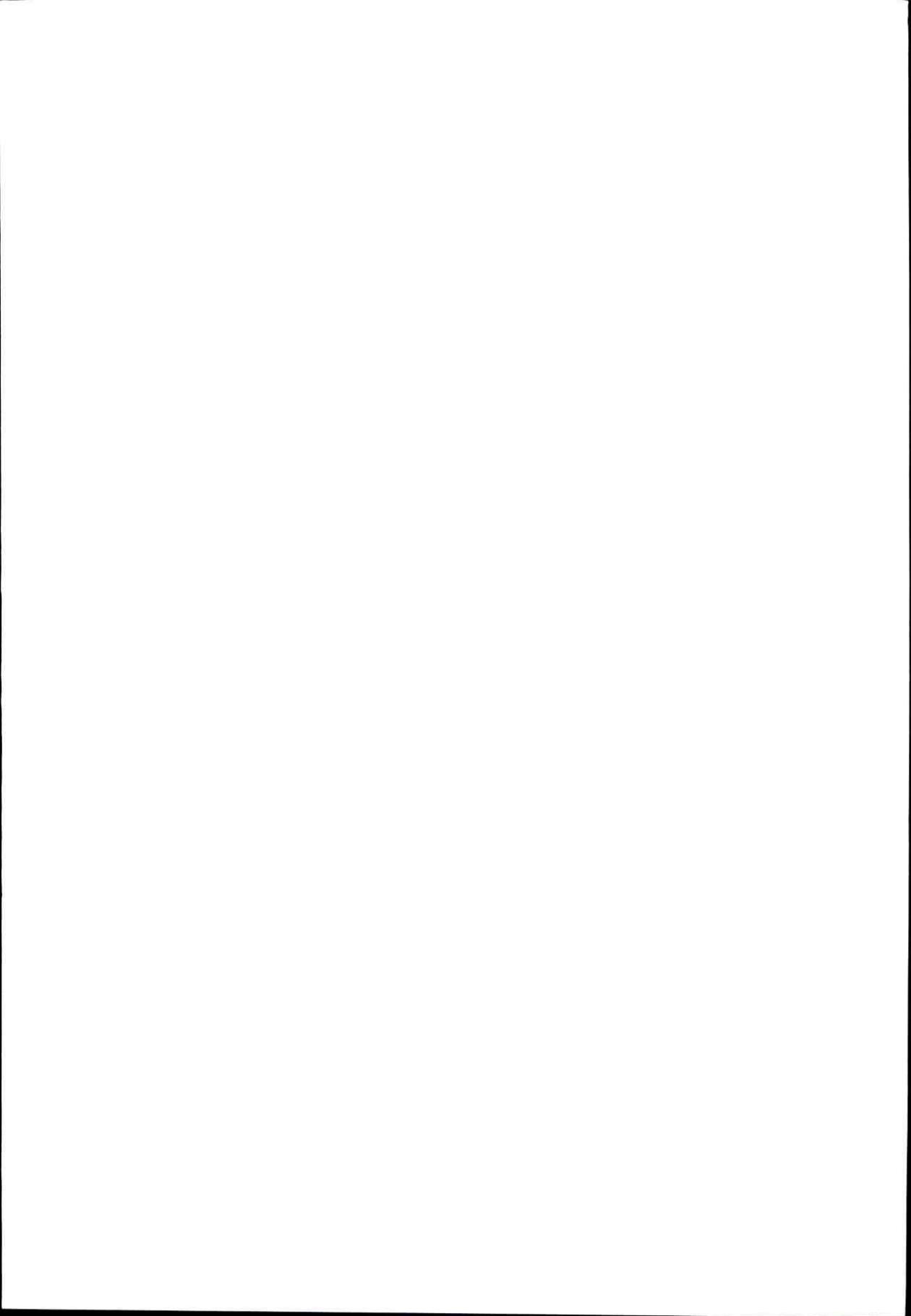
- Roth, F.X. y Kirchgessner, M. (1980). Contribution of dietary nucleic acids to the N metabolism. *Proceedings of the 3rd EAAP Symposium on Protein Metabolism and Nutrition*, Braunschweig, F.R. Germany. Volumen I, pp. 120-134.
- Scales F.M. y Harrison A.D. (1920). Boric acid modification of the kjeldhal method for crop and soil analysis. *J. Ind. Eng. Chem.* **12**, 350-354.
- Van Soest P.J., Robertson J.B. y Lewis R.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysacharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* **74**, 3583-3597.

Renal excretion of purine derivatives as an index of microbial nitrogen intake in rabbits

### SUMMARY

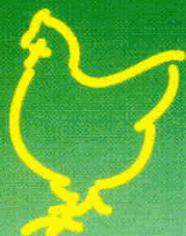
This study compares estimates of caecotrophes production either from preventing caecotrophy by using neck collar or from urinary purine derivatives (PD) excretion. A total of 64 New Zealand growing male rabbits were allocated to 8 diets, formulated using two sources of non-structural carbohydrates (barley or corn grains, included at two proportions (high or low) and given either with alfalfa hay or sugar beet pulp. Diets were given «ad libitum». Growth rate, dry matter intake and digestibility were not modified by the cereal source, although diets with a high proportion of non structural carbohydrates promoted a higher growth rate (26.4 vs. 19.8;  $P < 0.05$ ). Between fibre sources, alfalfa hay allowed for a higher intake level and growth rate than sugar beet pulp (118.6 and 25.6 vs 104.2 and 20.4 g/d). N recycling values were higher considering data derived from PD excretion than preventing caecotrophy (1.99 vs 1.02 g/d) although caecotrophes production estimated by both methodologies responded similar to the experimental treatments.

Key words: rabbit, nitrogen recycling, purine derivatives.



fima

# ganadera 2002



**FERIA DE ZARAGOZA**  
Carretera Nacional II, Km 311  
Tel. 976 76 47 00 • Fax 976 33 06 49  
P.O. Box 108  
E-50080 ZARAGOZA (ESPAÑA)  
Internet: <http://www.feriazaragoza.com>  
E-mail: [info@feriazaragoza.com](mailto:info@feriazaragoza.com)

# 5

SALON  
INTERNATIONAL DE  
L'ELEVAGE

INTERNATIONAL  
ANIMAL  
PRODUCTION SHOW

FERIA INTERNACIONAL PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL

INTERNATIONALE  
TIERZUCHTAUSSTELLUNG

FIERA  
INTERNAZIONALE  
DELLA ZOOTECNIA

17-20 / 04 / 2002

## ZARAGOZA

(España Espagne Spain Spanien Spagna)



Transportes Oficiales / Official Carriers